Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Отделение нанотехнологий и информационных технологий Российской академии наук

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ – 2019

12-13 НОЯБРЯ 2019 ГОДА

Материалы Международной научно–практической конференции

ТОМ 1

Санкт-Петербург – 2019

Настоящий сборник составлен по материалам ежегодной Международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ», проводимой в Санкт-Петербурге на базе ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук и ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России.

В сборнике представлены выступления, посвященные современным проблемам в транспортном комплексе и путям их решения.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке **Elibrary.ru** и зарегистрированы в наукометрической базе **РИНЦ** в соответствии с Договором № SIO-7225/2019 от 15.10.2019.

Под научной редакцией Малыгина Игоря Геннадьевича
доктора технических наук, профессора,
директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
Российской академии наук

С65 **Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019:** материалы Международной научно-практической конференции. 12-13 ноября 2019 г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург. 2019. Том 1. 476 с.

ISBN 978-5-6041745-6-2
ВВК 39

© ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2019
© Коллектив авторов, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Егоршев С.М., Малыгин И.Г., Комашинский В.И.
НУЖНА ЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ СВОЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА? 10
Мусиенко Т.В., Ложкин В.Н.
ЦИФРОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АППАРАТНО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД» НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА …… 13
Ложкина О.В., Рогозинский Г.Г., Комашинский В.И.
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В КОНТЕКСТЕ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ …….. 17
Цыганов В.В., Лемешкова А.В.
ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ ……. 20
Ульченко М.В., Башмакова Е.П.
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ …….. 24
Тезиков А.Л.
НАВИГАЦИОННО–ГИДРОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ……. 28
Киселенко А.Н.
ПОРТ ИНДИГА В АРКТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ РОССИИ …… 33
Сундуков Е.Ю.,Тарабукина Н.А.
О ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ ……. 35
Ларин О.Н., Рогова Д.А.
ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК …… 39
Журавлева Н.А.,Волыхина Н.В.
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПРИВАТИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕН НЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА ……... 42
Володин А.Б.
К ВОПРОСУ ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПУНКТОВ ПРОПУСКА ЧЕРЕЗ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ГРАНИЦУ ……... 47
Зайцев Е.Н., Коникова Е.В., Тецлав И.А.
ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭТАПА ЭКСПЛУАТАЦИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ……..…… 50
Лебедева О.А.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ……..…….. 56
Мамаев Э.А., Хашев А.И.
КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ИМИТАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УЗЛОВ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ……..……... 59
Крылатов А.Ю., Широколобова А.П.
РЕЛАКСАЦИЯ ОПЕРАТОРА ЗАДАЧИ ОБРАТНОЙ К ЗАДАЧЕ РАВНОВЕСНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ……..……..... 64
Бобрик П.П.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЕЗДОК В КРАТЧАЙШИХ СЕТЯХ ……..…… 71
Еналеев А.К.
МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ .. 75

Лукомская О.Ю., Асаул А.Н., Кураков А.В.
О МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПО ВНУТРЕННИМ ВОДНЫМ СУДОПРОПУСКАМ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ……..... 79
Палкина Е.С.
СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИИ ……...……...……...……. 84
Киселенко А.Н., Малащук П.А., Фомина И.В.
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ И КЛАССИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНГЕЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ……. 88
Малащук П.А.
ОЦЕНКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ЕВРОПЕЙ СКОГО И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ …….. 91
Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А.
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ ……... 95
Иванченко В.Н.
ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ……... 102
Дрещинский В.А., Сергеева Н.Г.
ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ …….. 105
Дривольская Н.А.
ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОГО КОМПЛЕКСА ПО ТЕКУЩЕМУ СОДЕРЖАНИЮ И РЕМОНТУ ПУТИ ……..... 110
Четчуев М.В., Четчуева В.Г.
ТИПОЛОГИЯ ОПЕРАТОРОВ ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ …….. 113
Покровская О.Д.
ЛОГИСТИЧЕСКИЙ КЛАСС ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ ……. 116
Аблялимов О.С.
К АНАЛИЗУ ПЕРЕВОЗОЧНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЗОВ *UzTE*16*M*3 НА УЧАСТКЕ КАТТАКУРГАН – НАВОИ УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ……. 120
Аблялимов О.С.
ОБОСНОВАНИЕ ТЯГОВОГО КАЧЕСТВА УЧАСТКА КАТТАКУРГАН – НАВОИ УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПРИ ДИЗЕЛЬНОЙ ТЯГЕ …… 124
Синицын М.Г., Виниченко В.А.
О ПРОБЛЕМЕ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ……. 128
Зенина Н.Н.
ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА И ПРОЦЕССНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ОАО «РЖД» …… 132
Черных А.К., Яшин М.Г.
ПОДХОД К ИНТЕЛЕКТУЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ …….. 135
Тимченко В. С., Костенко В.В., Богданович Д.Е.
ЭВОЛЮЦИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ: ОТ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ К МАКСИМАЛЬНЫМ РАЗМЕРАМ ДВИЖЕНИЯ ……. 141
Калачев М.А.
ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ……. 144

Соломин А.В., Чехова А.А.
СИСТЕМА МАГНИТНОЛЕВИТАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА С БОКОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ И ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ …… 147
Масаев С.Н., Едимичев Д.А.
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСОБЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН С УЧЕТОМ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ……. 151
Масаев С.Н.
РОССИЯ И США – ЭФФЕКТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КАК ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ……. 154
Сугоровский А.В.
ПРОЕКТ НОВОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ УЗЛЕ ……..... 157
Грошев Г.М., Кукушкина Я.В., Романова И.Ю.
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НА ДВУХПУТНЫХ ЛИНИЯХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ И ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ……... 160
Грошев Г.М., Сугоровский А.В., Абдуллаев Ж.Я.
УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИИ ПРИ РОСТЕ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК ……. 164
Сугоровский А.В., Романова И.Ю., Абдуллаев Ж.Я.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА НОРМ МАССЫ И ДЛИНЫ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ ……. 167
Королева Л.А.
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ …… 171
Королева Л.А., Хайдаров А.Г., Ивахнюк Г.К.
ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ……... 173
Никитин А.Б., Шаталова Н.В., Кушпиль И.В.
ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ И АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ПОЕЗДОВ ……..…….. 176
Смирнова О.Ю., Герасимчук К.Е.
АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИГОНА ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ ……..... 182
Савушкин С.А., Лемешкова А.В.
КАТАЛОГИЗАЦИЯ УСЛУГ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА …… 185
Изотов С.С., Свидзинская Г.Б.
НОВЫЕ КОРАБЛИ-СПАСАТЕЛИ ДЛЯ МОРСПАССЛУЖБЫ РОССИИ ……..... 189
Войтко А.М.
ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ СКОРОЙ ПОМОЩИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗОЛОТОГО ЧАСА» В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА …… 193
Дюк В.А., Михов О.М., Брюс Ф.О.
ЭКСТЕНСИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ……... 198
Минкин Д.Ю., Власова Т.В., Николаев Д.В.
ТРАНСПОРТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ……. 202
Черных А.К.
К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО МАСШТАБА ……..... 207

Гавкалюк Б.В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В АСПЕКТЕ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ……. 211
Фахми Ш.С, Шаталова Н.В., Крюкова М.С., Хасан Язид Абдулхамид
АРХИТЕКТУРА ТРАНСПОРТНОЙ ВИДЕОСИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ …….. 216
Фахми Ш.С, Крюкова М.С., Хасан Язид Абдулхамид
ТРАНСПОРТНАЯ ВИДЕОСИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ: МЕТОД И ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ……. 223
Фахми Ш.С, Шаталова Н.В., Еид Муса Мухамад
МЕТОД И АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ …… 229
Круглеевский В.Н., Маринов Марин Любенов, Вислогузов В.В.
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ СУДОВ …. 236
Булатов В.О., Гайдукевич А.Е., Кочережникова А.О.
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ ТЕКУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВ ДОБЫЧИ ОСНОВНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ …… 240
Джаббаров Саидбурхан Тулаганович
К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ …… 244
Буянов М.С., Фискевич А.С., Дюков А.В.
СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ОБЪЕКТОВ В СЛУЧАЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ……... 248
Литовченко И.О., Песоцкий А.В.
ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО МЕТОДА …… 251
Таранцев А.А., Шарапов А.А., Васьков В.Т.
О ПРОБЛЕМЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ И ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЯХ ……..……. 253
Актерский Ю.Е., Северин С.Н., Шаптала В.В.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В СВЯЗИ С ИХ ПЕРЕВОДОМ НА СКОРОСТНОЙ И СВЕРХСКОРОСТНОЙ РЕЖИМ ДВИЖЕНИЯ …… 258
Мазур А.С.
УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА …… 260
Кутузов В.В., Баранов А.А.
УСТАНОВКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТЕ ……... 263
Ксенофонтов Ю.Г., Скрипник И.Л., Воронин С.В.
К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ ТАНКЕРАХ ……... 266
Сытдыков М.Р., Поляков А.С., Шилов А.Г.
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАКЕТА УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ …… 271
Щетка В.Ф., Терёхин С.Н., Сапелкин А.И.
МЕТОДИКА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДАХ ……. 274

Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ …… 277
Круглеевский В.Н., Танклевский А.Л., Таранцев А.А.
ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ …… 280
Гуменюк В.И.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ ХЛОРА) ……. 285
Гуменюк В.И.
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ ……. 288
Савчук О.Н.
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СЛУЧАЯХ ИХ ВОЗГОРАНИЙ ……. 291
Елисеев Д.В.
ПУТИ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ПРИ ДОРОЖНОЙ ПЕРЕВОЗКЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ …… 293
Дементьев Ф.А., Шарапов В.С., Уткин С.В.
СПОСОБ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА …… 296
Ивахнюк Г.К., Борисова В.А.
МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИАРАМИДНЫХ ВОЛОКОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ……... 300
Зайцев Е.Н., Коникова Е.В., Шайдуров И.Г.
КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В АВИАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМЕ …….. 303
Рыбицкий В.А., Завальнюк С.И.
ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ В СИСТЕМЕ СВЕТОВОГО И ЗВУКОВОГО ИНДИКАТОРА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАКРЫТИЯ ВАГОННЫХ ДВЕРЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА …… 307
Илесалиев Дауренбек Ихтиярович
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДАВЛЕНИЯ НА ДНО И СТЕНКИ КОНТЕЙНЕРА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ …… 311
Сизов А.П., Комельков В.А., Колбашов М.А.
К УВЕЛИЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПРИВОДА ГРЕБНОГО ВИНТА НА СУДАХ …….. 315
Скороходов Д.А., Каминский В.Ю., Маринов Марин Любенов
РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЗАКРЫЛКОВ СУДНА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ …… 319
Скороходов Д.А., Маринов Марин Любенов
ПОВЫШЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ СУДНА …….. 325
Лукомский Ю.А., Стариченков А.Л., Модин Н.В.
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ …… 336
Черный С.Г., Горячев И.С., Дегтярев А.В.
О СПОСОБАХ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СУДОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ …… 341

Бордюг А.С., Железняк А.А., Черный С.Г.
ПРОВЕРКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА МОРСКИХ СУДОВ ……. 344
Сиек Ю.Л., Борисов А.Н.
МЕТОДЫ МНОГОМОДЕЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ……..... 347
Сиек Ю.Л., Хуторная Е.В.
СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПОДВОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ……. 352
Марков Н.А.
ИНДИКАТОР РЕЗЕРВНОГО ВРЕМЕНИ СОХРАНЕНИЯ СОЗНАНИЯ ЭКИПАЖЕМ И ПАССАЖИРАМИ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ВЫСОТНОМ ПОЛЕТЕ …… 356
Макаренко Е.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕМАТИКИ И ГЕЙМИФИКАЦИИ КАК МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ ……... 359
Топоров А.В., Иванов В.Е.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПУТЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СООБЩЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ……. 363
Иванова Н.Г.
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РОССИИ 368
Букатов Д.С.
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩИХ ДОРОЖНЫХ МАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ …… 372
Донцов И.П., Ласточкин Н.Н., Рахимов И.В.
ПРИМЕНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОЛНОПОВОРОТНОГО ПНЕВМОКОЛЕСНОГО ЭКСКАВАТОРА НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ …… 375
Шувалов Д.В.
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СТРОИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И КОНСТРУКЦИЯМИ …… 379
Ломов В.А., Сергеев А.А.
ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ……. 383
Широухов А.В.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМЫ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА СИСТЕМ ПРИВОДОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН …… 386
Миронович О.М., Слепцов А.В.
МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ……..... 390
Савинов К.Н., Яшин М.Г., Пантелеев Р.А.
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ …….. 394
Виниченко В.А., Синицын М.Г.
ИНСТРУМЕНТЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ В ФОРМИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ НА ТРАНСПОРТЕ ……. 399
Фёдоров П.Н., Яшин В.И., Штерцер Н.А.
АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ МОБИЛЬНОСТИ ТЕХНИЧЕ СКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ……... 402

Комашинский В.И., Тарабаев А.А., Королев О.А.
ПОДХОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА …….. 405
Липатников В.А., Шевченко А.А., Омаров Р.Г.
СПОСОБ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ОТ DDOS-АТАК С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ …… 413
Липатников В.А., Шевченко А.А., Сорокин М.А.
СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЁННОГО СЕТЕВОГО КОНТРОЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ……..... 417
Евглевская Н.В., Лаута О.С., Михаил И.И.
ОБНАРУЖЕНИЕ DOS/DDOS-АТАК НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ …… 421
Юров А.П., Иванов И.И., Макаев Д.В.
КОНТРОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ …… 424
Иванова М.О., Истомина А.А.
УКРЕПЛЕНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ВНУТРИОРГАНИЗАЦИОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ …….. 427
Каминский В.Ю., Крылов Ю.Е., Анисимов П.Ф.
МОДИФИКАТОРЫ ТОПЛИВА: РАСЧЕТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ …….. 431
Скороходов Д.А., Каминский В.Ю., Маринов Марин Любенов
АНАЛИЗ РИСКОВ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ …….. 440
Сведения об авторах ……... 448
Information about authors …… 462

НУЖНА ЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ СВОЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА?

Егоршев Сергей Михайлович *– директор Департамента программ развития*
Министерство транспорта Российской Федерации
Малыгин Игорь Геннадьевич *– доктор технических наук, профессор, директор*
Комашинский Владимир Ильич *– доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В статье исследуется взаимосвязь коэволюции индустриальных и транспортных технологий, отмечены ключевые технологические направления обеспечивающие интеллектуализацию транспортной индустрии и транспортной инфраструктуры. Рассмотрен вопрос о целесообразности разработки концепции развития искусственного интеллекта в транспортной отрасли России.

Ключевые слова: индустриальная революция, искусственный интеллект, транспортная индустрия, транспортная инфраструктура.

DOES THE TRANSPORT INDUSTRY OF RUSSIA NEED ITS OWN UNDERSTANDING OF THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE?

Egorshev Sergey M. – Director of the Development Programs Department
Ministry of Transport of the Russian Federation
Malygin Igor G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director
Komashinsky Vladimir Il. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The article explores the relationship between the co-evolution of industrial and transport technologies, notes the key technological directions ensuring the intellectual development of the transport industry and transport infrastructure. The question of the feasibility of developing a concept for the development of artificial intelligence in the transport industry of Russia was considered.

Keywords: industrial revolution, artificial intelligence, transport industry, transport infrastructure.

Вся история прогресса человека на Земле доказывает, что ускорение развития транспорта и транспортной инфраструктуры естественным образом стимулирует развитие экономики и общества. Анализ особенностей коэволюции индустриальных и транспортных технологий (рисунок) показывает определяющую роль в этом процессе науки и технологий, обновление которых приводит к периодическим революционным изменениям, как в индустриальной, так и в транспортных сферах.

Начало первой индустриальной революции было инспирировано достижениями в теплофизике и в производстве паровых двигателей, которые были адаптированы к водному транспорту и наземному транспорту – появились пароходы, паровозы и железнодорожная сеть. Поэтому условием входа конкретной страны в семью индустриальных держав, являлась способность ее промышленности создавать и применять паровые двигатели.

На фоне новых достижений электрофизики, органической химии и теории электрической связи состоялась вторая индустриальная революция (рисунок). Эти достижения привели к появлению и широкому применению в транспортной индустрии электродвигателей, бензиновых и дизельных двигателей, которые способствовали появлению электротранспорта

(трамваев, троллейбусов, электропоездов), подводных лодок и судов дизель-электроходов, а также нового вида транспорта – воздушного. Показателем научно-технологического развития страны в тот период являлась способность ее промышленности создавать и применять двигатели внутреннего сгорания, электрические двигатели, а для управления транспортом разрабатывать системы электросвязи.

Рисунок – Коэволюция индустриальных и транспортных технологий

Движущей силой третьей индустриальной революции (рисунок) стали новые достижения в информатике, кибернетике и вычислительной технике, которые породили новую индустрию – цифровую. Развивается массовое производство микросхем, микропроцессоров и программного обеспечения, которые оказали мощное воздействие на развитие технологий транспортного машиностроения, цифровизацию и автоматизацию всей транспортной индустрии. Автоматизация внедряется в системы управления транспортной инфраструктурой. В этот период основным показателем развития страны была способность ее промышленности создавать и применять цифровую технику, вычислительные машины и программное обеспечение, осуществлять цифровизацию отраслей экономики.

Локомотивом уже наступившей – четвертой индустриальной революции являются новые достижения в теории искусственного интеллекта, технологиях обработки больших данных, машинного и дистанционного обучения, в развитии беспроводных технологий, которые породили новую индустрию искусственного интеллекта и привели к кардинальным изменениям транспортной индустрии, что в свою очередь, способствовало появлению «Транспортной индустрии-4.0». Основным показателем научно-технического, технологического и экономического развития страны в этот период становится способность ее промышленности создавать и применять системы искусственного интеллекта, интеллектуальной микро- и нано-электроники, когнитивные вычислительные системы, интеллектуальное программное обеспечение, а также экологически чистые и ресурсосберегающие технологии.

Широкое применение технологии искусственного интеллекта (ИИ) позволяет существенно повысить качество и скорость изготовления транспортных средств любой моды, серийное внедрение в них уже на конвейере систем ИИ. Появление «умных» транспортных средств способствует внедрению ИИ в транспортную инфраструктуру.

В сфере конвергенции искусственного интеллекта и транспортной индустрии за последние 10 лет произошли два крупных события в области индустриальных и интеллектуальных технологий.

Первое событие в 2013 году [1] стало отправной точкой начала четвертой индустриальной революции (Industry–4.0)

Основная идея Industry–4.0 состоит в использовании инновационных цифровых и информационных технологий для глубокой интеграции бизнеса и проектно-инженерных процессов, в интересах повышения гибкости производства и его эффективности, качества и низкой стоимости. Технологической основой Industry–4.0 стала философия построения киберфизических систем [1,2]. Стратегии внедрения Industry–4.0 в большинстве стран стали определяться государственными программами:

– в Германии – «Стратегии высоких технологий 2020» и «Индустрия 4.0»;

– в Великобритании – «Будущее производства»;

– в Соединенных штатах Америки – «Передовое производственное партнерство» (Президентский совет по науке и технике, 2014 год);

– во Франции – «Новая промышленная Франция» (Национальный совет промышленности, 2016 год);

– в Европейской комиссии – «Фабрики будущего» и «Горизонт 2020» (2016 год);

– в Японии – «Супер-умное общество» (2015 год);

– в Швеции – «Умная индустрия» и «Продукция 2030» (Министерство предпринимательства и инноваций, соответственно 2016 и 2017 годы).

Второе событие произошло в 2017 году [3-8], когда в шести наиболее технологически развитых странах мира были приняты национальные стратегии развития технологий искусственного интеллекта. В последующем к этой инициативе присоединились еще семнадцать стран. В России официальный старт национальной программы развития технологий искусственного интеллекта был дан Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 года № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [9].

В результате внутри классической цифровой индустрии стартовало производство микросхем и микроконтроллеров ИИ (AI Chips и AI Microcontrollers). Помимо этого, традиционные производители полупроводников, такие как Analog Devices, IBM, HUAWEI и др. приступили к реализации сложной концепции преобразования собственных производственных линий в полностью автоматизированные интеллектуальные фабрики. Эти компании начали предлагать инновационные технологии компаниям, занимающимся производством транспортных средств, помогая им перестроить производственные мощности для производства интеллектуальных автомобилей, самолетов, кораблей, локомотивов и вагонов.

ИИ существенно сокращает производственные затраты при переходе к производству более конкурентного транспорта с функциями автономного вождения, прогнозного обслуживания и оптимальной маршрутизации. Применение технологий ИИ позволит существенно снизить количество дорожно-транспортных происшествий, повысит безопасность перевозки пассажиров и грузов и позволит достигнуть уровня «нулевой смертности» на дорогах России в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [10].

Технологии ИИ существенно расширят человеческие возможности по обработке данных и прогнозированию событий, что позволяет организациям-операторам общественного и частного пассажирского транспорта существенно повысить качество предоставляемых транспортных услугах.

ИИ должен играть важную роль в разработке и применении инновационных методов автоматического контроля, фиксации и учета показателей выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от транспортных средств, что позволит снизить негативное воздействие транспорта на окружающую среду.

Таким образом, для успешного решения всех выше перечисленных актуальных задач и вызовов необходимо разработать **Концепцию развития искусственного интеллекта в**

транспортной отрасли Российской Федерации, которая бы соответствовала целевым ориентирам Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 года № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации [9].

Список литературы

1. Комашинский В.И., Малыгин И.Г. Информационные технологии и искусственный интеллект – основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Информационные технологии». 2016. Т. 22, № 12. С. 899-904.
2. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Михалев О.А. Предложения для концепции развития технологий искусственного интеллекта в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. 2019. № 4 (83). С. 8-12.
3. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 482-490.
4. Технологии построения когнитивных транспортных систем: монография / Под науч. ред. И.Г. Малыгина – СПб.: ИПТ РАН. 2018. – 268 с.
5. State Council of China. New Generation artificial Intelligence Development Plan. State Council Document No. 35. July 2017.
6. Agrawal, Ajay; Gans, Joshua and Goldfarb, Avi. How AI will Change Strategy: A Thought Experiment. Harvard Business Review. https://hbr.org/2017/10/how-ai-will-change-strategy-a-thought-experiment (дата обращения 20.02.2019).
7. Paul Mozor, Beijing Wans A.I. to Be Made in China by 2030, New York Times, July 20, 2017.
8. State Council of China. New Generation artificial Intelligence Development Plan. State Council Document No. 35. July 2017.
9. Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. №490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731 (дата обращения 20.09.2019).
10. Указ Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». URL: http://www.kremlin.ru/acts/ bank/43027 (дата обращения 20.09.2019).

УДК 621.43.044.6:656.13(1-21)

ЦИФРОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АППАРАТНО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД» НА ПРИМЕРЕ ТРАНСПОРТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Мусиенко Тамара Викторовна *– доцент, доктор политических наук, кандидат исторических наук, заместитель начальника университета по научной работе*

Ложкин Владимир Николаевич *– профессор, доктор технических наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Излагаются результаты внедрения цифровых информационных технологий в рамках «Концепции аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»». В Санкт-Петербурге с 2017 года система функционирует по 4-м направлениям, включающим

экологическую безопасность на транспорте. Она поддерживается мониторингом состояния воды, почвы и воздуха. Качество воздуха контролируется на автомагистралях и на городской акватории, – как результата функционирования водного, авиационного, железнодорожного и автомобильного транспорта. Мониторинг осуществляется для чрезвычайных метеоусловий, для которых вероятно ожидать 8-10 кратное превышение $ПДК_{МР}$ по NO_2.

Ключевые слова: безопасность, городской транспорт, цифровые информационные технологии, чрезвычайная ситуация, мониторинг.

DIGITAL INFORMATION TECHNOLOGIES HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX «SAFE CITY» ON THE EXAMPLE OF TRANSPORT OF ST. PETERSBURG

Musienko Tamara V. – Associate Professor, Doctor of Political Sciences, candidate of historical sciences, deputy head of the university for scientific work

Lozhkin Vladimir N. – Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the department of fire, rescue and automobile equipment

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The results of the introduction of digital information technologies within the framework of the Concept of the software and hardware complex «Safe City» are presented. Since 2017, the system has been operating in St. Petersburg, including in the field of environmental safety in transport. This is supported by instrumental monitoring of water, soil and air quality. Air pollution is controlled in close proximity to highways and throughout the city – as a result of the functioning of water, aviation, rail and road transport. Monitoring is carried out for extreme weather conditions and traffic intensities, for which NO_2 concentrations are likely to be 8–10 times higher than the permissible values.

Keywords: security, urban transport, digital information technology, emergency, monitoring.

Необходимость реализации единого нормативно-системного подхода к обеспечению комплексной безопасности среды обитания населения в условиях сохранения высокого уровня рисков техногенного, природного характера и продолжающейся тенденции урбанизации территорий, актуализировала принятие Распоряжения Правительства РФ от 03.12.2014 № 2446-р «Об утверждении Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»» [1].

Координатором по внедрению и развитию АПК «Безопасный город» в субъектах РФ возложены на МЧС России. Требования группируются по 4 блокам (рисунок 1).

Цифровая трансформация АПК «Безопасный город» развивается, в основном, на основе собственной цифровой платформы [1], как залога суверенитета государства. Инновации внедряются в практику транспортной безопасности на основе ФЗ № 16-ФЗ и его развитием в форме ФЗ № 270-ФЗ от 02.08.2019 г, вступающих в силу с 30.01.2020 г.

26 мая 2017 года в Санкт-Петербурге состоялось торжественное открытие Единого центра АПК «Безопасный город» [2]. Сегодня цифровая система платформы включает 4 основных блока:

- мониторинг и прогнозирование состояния муниципальной (коммунальной) инфраструктуры;
- обеспечение безопасности на транспорте;
- обеспечение экологической безопасности;
- обеспечение мониторинга пожаров и паводковой обстановки.

Остановимся на аспекте контроля городской воздушной среды.

Центр городского транспортного планирования внедрил автоматизированную систему учета интенсивности движения автотранспорта, регистрируемого с помощью датчиков.

Идентификация транспорта производится по ГОСТ 32965-2014 [3]. С интенсивностью движения автотранспорта связано качество воздушной среды. Выбросы в атмосферу с отработавшими газами (ОГ) NO_2, CO, SO_2, БП, $ПМ_{10}$ и $ПМ_{2.5}$ оказывают опасное воздействие на городское население [4].

С учетом тенденций транспортной глобализации [5] авторами была разработана новая методология [1,6], позволившая в нормативном документе гармонизировать цифровую информацию по интенсивности движения автотранспорта с учетными группами категорирования [6], закреплённых в Решении Совета Евразийской экономической комиссии № 6 от 30.01.2013 по вступлению в силу с 01.01.2015 технического регламента таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [7].

Рисунок 1 – Блоки базовых функциональных требований к аппаратно-программному комплексу «Безопасный город»

В работе [8] нами были проанализированы возможности использования цифровых технологий для моделирования атмосферных процессов переноса ОГ тепловых двигателей транспорта на «мезо-уровне».

Исследования выполнялись для закономерно повторяющихся в течение года ситуаций чрезвычайно опасного, локального загрязнения воздуха NO_2 ОГ двигателей транспортных средств при неблагоприятных условиях (скорость ветра 0,5–3,0 м/с и часы «пик» движения транспорта) в масштабе города с частью Финского залива.

В расчетах использовались сведения о концентрациях из базы данных автоматизированной системы мониторинга (АСМ) Комитета по охране окружающей среды и природопользованию Правительства Санкт-Петербурга за весенне-летне-осенние периоды наблюдений 2015–2017 гг. В виду того, что массив исходных точечных данных о концентрациях NO_2 имел объем, близкий к «необозримому», нами использовался универсальный подход на основе построения иерархии нейросетевых моделей с использованием функции Гаусса [9].

На рисунке 2 показана зависимость уровня загрязнения воздуха NO_2 в разных районах города. Расчеты соответствуют неблагоприятным метеорологическим условиям: безветренной погоде и наличия над Финским заливом глубокой, по высоте, области температурных инверсий.

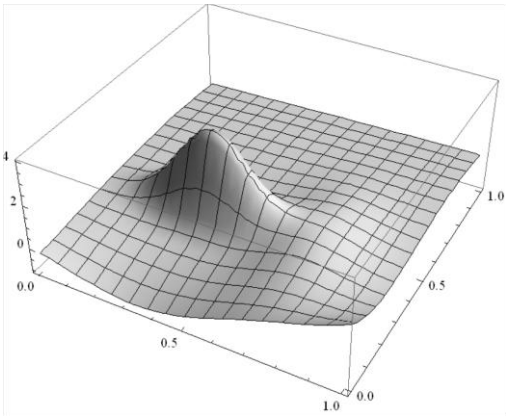


Рисунок 2 – 3D визуализация модельных вычислений распространения и распределения NO_2 в Санкт-Петербурге на мезо-уровне с использованием программного обеспечения Mathematica компании Wolfram Research [9]

Согласно расчетным исследованиям, уровень наивысшего загрязнения NO_2 соответствует области с географическими координатами 59°53' с. ш. и 30°03' в. д. (территория над Финским заливом). Ожидаемые вероятные загрязнения воздуха NO_2 на уровне дыхания человека в этой области могут достигать значений 8–10 $ПДК_{МР}$.

Список литературы

1. Ложкин В.Н., Мусиенко Т.В., Ложкина О.В. Инновации в рамках реализации Аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» на примере Санкт-Петербурга // Транспортная безопасность и технологии противодействия терроризму: материалы VIII Всероссийской конференции, 11–13 сентября 2019 г., Казань. 2019. С. 146-161.

2. Бирючков В. Проект «Безопасный город» – это уникальный программный комплекс, помогающий быстро определить и оперативно отреагировать на всякого рода нештатные ситуации, а также вовремя принять меры по устранению их последствий.

3. ГОСТ 32965-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока».

4. Peters A., Heier M., Hormann A., Wichmann E., Lowel H. Exposure to Traffic and the Onset of Myocardial Infarction // The New England journal of medicine, 2004. V. 351. № 17. P. 1721-1730.

5. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4–й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно–практической конференции. СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 13-20.

6. Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга. Утверждена распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга № 33-р от 29.01.2019.

7. Решение Совета Евразийской экономической комиссии № 6 от 30.01.2013 по вступлению в силу с 01.01.2015 технического регламента таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011).

8. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Гавкалюк Б.В., Косовец М.А. О чрезвычайном загрязнении воздуха тепловыми двигателями городского транспорта // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2019. № 2. С. 56-63.

9. Lozhkina O., Lozhkin V., Ntziachristos L., Estimation and Prediction of the Effect of Alternative Engine Technologies and Policy Measures on the Air Quality in St. Petersburg in 2010-2030 / Architecture and Engineering, 2018. Vol. 3, № 4. P. 31-35.

УДК 656.13(1-21): 621.43.06:504.3.064.36:338.14

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В КОНТЕКСТЕ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Ложкина Ольга Владимировна *– доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ведущий научный сотрудник лаборатории экологических проблем транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Рогозинский Глеб Гендрихович *– ведущий научный сотрудник лаборатории экологических проблем транспортных систем*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Комашинский Владимир Ильич *– доктор технических наук, заместитель директора по научной работе*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В работе описаны основные виды негативного воздействия транспорта разных модальностей на окружающую среду, рассмотрены этапы эволюции интеллектуальных транспортных систем с анализом их функций и технологических платформ, приведен конкретный пример интеграции расчетного метода мониторинга загрязнения воздуха автотранспортом с исходными данными автоматизированной системы учета структуры и интенсивности движения автотранспортных потоков Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: транспорт, воздействие на окружающую среду, мониторинг и прогнозирование, интеллектуальные транспортные системы.

METHODOLOGICAL AND INFORMATION APPROACHES FOR MONITORING AND FORECASTING OF TRANSPORT-RELATED IMPACT ON THE ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Lozhkina Olga V. – Grand PhD in Technical Sciences, PhD in Chemistry, Professor of the Department of Chemistry and Combustion

St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

Leading Researcher of the Laboratory of environmental problems of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Rogozinsky Gleb G. – PhD in Technical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of environmental problems of transport systems

Saint-Petersburg State University of Telecommunications

Leading Researcher of the Laboratory of environmental problems of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Komashinsky Vladimir I. – Grand PhD in Technical Sciences, Deputy Director for Research

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The paper describes main ways of the negative impact of transport of different modalities on the environment, evolution of intelligent transport systems considering their functions and technological platforms, a concrete example of integration between a calculation method for

monitoring of motor transport-related air pollution and an automated system for vehicles and traffic flows accounting in St. Petersburg.

Keywords: transport, environmental impact, monitoring and forecasting, intelligent transport systems

Негативное воздействие транспорта разных модальностей на состояние окружающей среды в городах проявляется в разных аспектах: загрязнение воздуха опасными компонентами отработавших газов двигательных установок транспортных средств, загрязнение водоемов и почвы поверхностными стоками как от самих транспортных предприятий, так и предприятий, обслуживающих транспортный комплекс, сокращение жизненного и рекреационного пространства в городах за счет развития транспортной инфраструктуры [1].

Для различных транспортных мод (автомобильной, водной, авиационной и железнодорожной) характерны как общие, так и особенные виды воздействия на окружающую среду.

Железнодорожный транспорт: выбросы опасных веществ дизельными двигательными установками тепловозов, отчуждение значительных территорий для железных дорог и железнодорожных предприятий, вибрационно-акустическое загрязнение.

Водный (речной и морской транспорт) – выбросы загрязняющих веществ энергетическими судовыми установками во время движения и в период стоянки, загрязнение воздуха портовыми предприятиями, особенно специализирующимися на перевалке сыпучих грузов, в т.ч. угля, загрязнение водоемов.

Авиационный транспорт – загрязнение воздуха, загрязнение водоемов и почвы сточными водами авиационных предприятий (например, веществами, применяющимся в качестве антиобледенителей), шумовое загрязнение.

Пожалуй, только для одного вида транспорта (автомобильного) характерна «всюдность» и повсеместное загрязнение воздушной среды поллютантами, эмитируемыми в воздух при автотранспортном процессе, отчуждение значительных территорий для развития улично-дорожной сети, организации парковочных пространств, предприятий обслуживания автотранспортной деятельности, шумовое загрязнение.

Повышение эффективности процесса управления экологической безопасностью транспортного комплекса может быть достигнуто путем использования инновационных информационных и телекоммуникационных технологий и их интеграции в развивающиеся интеллектуальные транспортные системы [2-4].

Эволюция интеллектуальных транспортных систем

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) за период с 2000 год по настоящее время совершили несколько эволюционных скачков, обусловленных, в первую очередь, их коэволюцией с информационно-телекоммуникационными системами. Так, ИТС первого поколения (около 2000 года) характеризуются однонаправленными коммуникациями. Основные приложения – системы электронного сбора платежей и системы сбора данных об транспортных средствах.

Второе поколение ИТС (2000-2003 годы) сделало возможным двунаправленные коммуникации, базирующиеся на системах связи для коротких расстояний (Short-Range Communications) и интеграции функций традиционных радиосвязи и локации.

ИТС третьего поколения (2004-2005 годы) характеризовались широким внедрением автоматизированных интерактивных систем, в частности автоматизированным управлением транспортным средством.

Наконец, в настоящее время развиваются ИТС последнего, четвертого, поколения. Ключевым элементом для них является интеграция персональных устройств, транспорта и дорожной инфраструктуры. Повсеместное распространение и проникновение Интернета вещей сделало возможным объединение информационно-телекоммуникационных систем следующего поколения (Next Generation Networks) практически во все сферы жизнедеятельности человека. В этом контексте развитие транспортной среды в настоящее время находится в неразрывной связи с умным производством и Индустриальной платформой 4.0. К этому же периоду относится развитие перспективных транспортных систем типа V2X, включающих

сегменты V2V (vehicle-to-vehicle), V2I (vehicle-to-infrastructure), V2P (vehicale-to-pedestrian) – сети связи типа «транспортное средство – транспортное средство», «транспортное средство – инфраструктура» и «транспортное средство – пешеход».

Функции интеллектуальных транспортных систем

В контексте дальнейшего развития ИТС основными функциями, которые они призваны реализовать, являются интеллектуальный сбор данных, реализация бесконтактных электронных платежей, интеграция в общий информационный слой умных городов, мониторинг и управление мультимодальными перевозками, коммуникационные функции, обеспечение различных задач в случае чрезвычайных событий, учет и контроль происшествий, приоритет для спецтранспорта и интеллектуальный контроль экологической безопасностью.

Технологическая платформа интеллектуальных транспортных систем

Современная технологическая платформа ИТС, главным образом, обеспечивается различными беспроводными технологиями, среди которых, прежде всего, необходимо отметить Bluetooth приложения, индукционные петли, видеофиксацию.

В последнее время усиливается роль беспилотных летательных аппаратов для решения различных задач, в том числе и (частично) указанных выше функций ИТС. Как было отмечено выше, общая тенденция развития ИТС направлена на интеграцию данных систем с интеллектуальной средой умного города (рисунок).

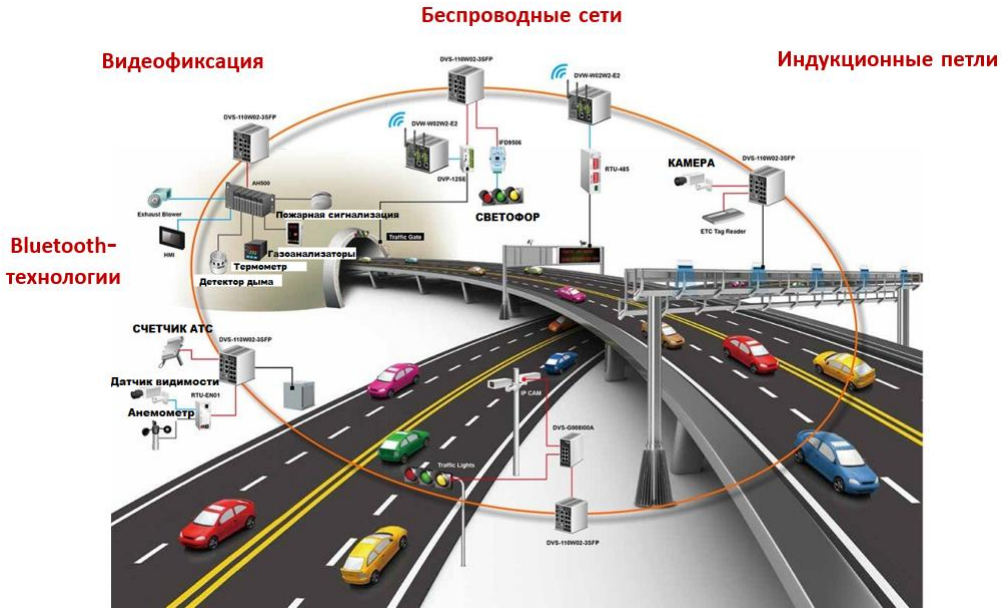


Рисунок – Технологическая платформа интеллектуальных транспортных систем

Удачным примером интеграции является разработанный для Санкт-Петербурга расчетный метод мониторинга загрязнения воздуха автотранспортными потоками, использующий, в качестве входных данных, информацию о численности, структуре автотранспортных потоков и интенсивности движения, полученную посредством автоматического детектирования автомобилей [5].

В 2018 г. в Санкт-Петербурге в рамках развития Аппаратно-программного комплекса (АПК) «Безопасный город» улично-дорожная сеть города была оборудована централизованной автоматизированной системой учета транспортных средств. Идентификация транспортных средств осуществляется с помощью видеодатчиков в реальном режиме времени по линейным размерам: АТС < 5 т, АТС 5-12 т, АТС 12-20 т и АТС > 20 т.

Адаптация разработанной методики определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга [6] к исходным данным автоматизированного учета структуры автотранспортных потоков и интенсивности движения позволила реализовать в северной столице

процесс расчетного *on-line* мониторинга качества воздушной среды в окрестности оживленных автомагистралей.

Список литературы

1. Ложкина О.В. Методология прогнозирования и мониторинга чрезвычайного воздействия транспорта на городскую среду и население // Дис. на соискание уч. степени доктора технических наук. – СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2018. – 343 с.

2. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И. К вопросу о развитии информационно-коммуникационного процесса управления экологической безопасностью автомобильного транспорта в городах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 91-98.

3. Ложкина О.В., Рогозинский Г.Г., Ложкин В.Н. Комплексный подход к совершенствованию методов контроля и прогнозирования негативного воздействия автомобильного и водного транспорта на городскую среду // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 304-309.

4. Ложкина О.В., Рогозинский Г.Г., Крипак М.Н. К вопросу о развитии интеллектуальных систем управления экологической безопасностью транспорта в больших городах-портах // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 153-157.

5. Ложкин В.Н., Мусиенко Т.В., Ложкина О.В. Инновации в рамках реализации Аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» на примере Санкт-Петербурга // Транспортная безопасность и технологии противодействия терроризму: материалы VIII Всероссийской конференции. 2019. С. 146-161.

6. Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга. Утверждена распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга № 33-р от 29 января 2019 года.

УДК 658.314.7:330.115

ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Цыганов Владимир Викторович *– доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, и.о. зав. отделом прогнозирования развития транспортных систем*

Лемешкова Алеся Валерьевна *– младший научный сотрудник отдела прогнозирования развития транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. Рассмотрены теоретические, методологические и практические основы планирования транспортной, энергетической, информационной и телекоммуникационной инфраструктуры Дальнего Востока, Сибири и Арктической зоны Российской Федерации на период до 2050 г. Фундаментальная и методологическая его основа – теория больших транспортных систем. Практическую основу составляет опыт, накопленный в процессе разработки и экспертизы больших транспортных систем в России и мире.

Ключевые слова: Евразия, пространственное развитие, инфраструктура, транспорт, коридор, морской, железнодорожный, автомобильный, энергетика, телекоммуникации.

BASES OF MANAGEMENT OF DEVELOPMENT OF INFRASTRUCTURE OF SIBERIA, THE FAR EAST AND THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

Tsyganov Vladimir V. – Ph.D., Professor, Chief Researcher, Acting Head of the Department for forecasting the development of transport systems

Lemeshkova Alesya V. – Junior Researcher of the Department for forecasting the development of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The theoretical, methodological and practical foundations of planning the development of transport, energy, information and telecommunications infrastructure of the Far East, Siberia and the Arctic zone of the Russian Federation for the period up to 2050 are considered. Its fundamental and methodological basis is the theory of large-scale transport systems. The practical basis is the experience gained in the development and examination of large-scale transport systems in Russia and the world.

Keywords: Eurasia, spatial development, infrastructure, transport, corridor, maritime, railway, automobile, energy, telecommunications.

Развитие Дальнего Востока, Сибири и Арктики (кратко – Макрорегиона) России является одним из приоритетов национальных проектов. Монография [1] содержит результаты проведенных в Российской академии наук (РАН) исследований социально-экономических и научно-технологических аспектов по эффективному обоснованию условий для глубокого комплексного освоения Макрорегиона. Эти исследования проводились в рамках реализации Мегапроекта «Единая Евразия: «Транс-Евразийский пояс развития» (ТЕПР) – «Интегральная Евразийская транспортная система» (ИЕТС)» на базе создания двух пространственно-логистических транспортных коридоров между Европой и Азией с опорой на железнодорожный транспорт и Севморпуть.

Инфраструктурные политики, ориентированные на развитие транспорта (ИПТ), традиционно направлены на формирование единой транспортной и сопутствующей инфраструктуры крупномасштабных социально-экономических систем. ИПТ Мегапроекта «ТЕПР – ИЕТС» основана на результатах фундаментальных и прикладных исследований и разработок, проведенных в РАН, а также практических результатах их внедрения.

Фундаментальная основа ИПТ Мегапроекта – теория больших транспортных систем (БТС), разработанная в Институте проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН в сотрудничестве с Институтом проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН и другими организациями РАН. Теоретические подходы БТС опираются на общую теорию управления организационными системами, включающую теорию систем управления развитием (СУР) [2-4]. Обзор состояния теории БТС по состоянию на 2016 г. дан в монографии [5].

Практическая основа ИПТ Мегапроекта – опыт её разработчиков-членов подгруппы «Инфраструктура» Мегапроекта «ТЕПР – ИЕТС», накопленный в процессе выполнения договоров на разработку и экспертизу БТС в России и мире [5].

На этой фундаментальной и практической основе разработаны базовые положения ИПТ Мегапроекта «ТЕПР – ИЕТС» [6]. Сформулированы проблемы, цели и задачи пространственного развития транспортной инфраструктуры (ТИ) Макрорегиона [7]. Проанализированы положения и перспективы реализации Мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР – ИЕТС», и предложены первоочередные его мероприятия [7]. В работе [8] рассмотрены основные характеристики наиболее значимых международных транспортных коридоров (МТК), проходящих по территории России. Поскольку с реализацией инфраструктурных проектов транспортная сеть РФ усложняется, число транспортных коридоров в перспективе будет возрастать. В работе [9] рассмотрены проблемы создания информационно-телекоммуникационной инфраструктуры (ИИ) малоосвоенных регионов страны вдоль внут-

ренних транспортных магистралей и МТК на основе радиорелейной, спутниковой и волоконно-оптической систем связи.

Эти результаты исследований инфраструктурных (транспортных, энергетических, информационных и телекоммуникационных) аспектов глубокого комплексного освоения территории Сибири, Дальнего Востока и Арктики были обобщены в монографии [10]. В её основе лежит объединение и логическое развитие принципов и положений Мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР – ИЕТС», исходящих из системного представления о национальных интересах России, а также реализации консолидирующей российское общество национальной идеи. Предложены 3 этапа стратегического развития Сибири, Дальнего Востока и Арктики, а также соответствующие характеристики и показатели перспективной инфраструктуры этого Макрорегиона, в увязке с процессами стратегического планирования и пространственного развития России.

Для комплексного освоения Макрорегиона требуется обеспечение энергоресурсами его производственных объектов (нефтяных и газовых промыслов, нефте- и газопроводов, объектов добычи и переработки других полезных ископаемых и т.д.), а также объектов социальной и дорожно-транспортной сферы. Отсюда вытекает главная цель формирования и развития энергетической инфраструктуры (ЭИ) Макрорегиона: обеспечение потребителей необходимыми энергоресурсами в нужных объемах с высокой степенью надежности по приемлемым ценам на рассматриваемую перспективу. Следовательно, ЭИ Макрорегиона должна:

– быть согласованной с ТИ и ИИ;

– энергоэффективной и адаптивной к изменениям;

– развиваться темпами, опережающими темпы развития ТИ и ИИ (т.к. энергоснабжение необходимо уже на стадии формирования новой ТИ и ИИ);

– быть экологичной (использовать, в качестве котельно-печного топлива, преимущественно, природный газ и экологичное жидкое топливо, обеспечить экологичность оборудования, технологическое перевооружение ТЭС и котельных);

– обеспечить выполнение национальных проектов, в т.ч. широкомасштабное освоение нефтяных и газовых ресурсов Ямала, шельфа Карского и Баренцева морей, Сахалина, Красноярского края, Иркутской области и Якутии.

Основные задачи формирования ИИ Макрорегиона:

– обеспечение пользователей современными информационными и телекоммуникационными услугами;

– ликвидация цифрового неравенства населения;

– обеспечение потребностей цифровой экономики, транспорта, энергетики; обеспечение транспортно-логистических задач (контроль грузопотоков, прогнозирование, планирование и определение времени доставки грузов, а также их местонахождения в реальном времени).

ИИ Макрорегиона должна строиться на основе магистральных, региональных, зоновых, муниципальных и абонентских волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), а также релейной и спутниковой ИИ. Там, где это возможно и экономически целесообразно, ВОЛС должна вытеснить радиорелейную и спутниковую связь, в силу лучших технических характеристик, обеспечивающих более качественную и надежную связь. Магистральные ВОЛС должны прокладываться вдоль транспортных коридоров, железных и автомобильных дорог, морских и внутренних водных путей, линий электропередач и других линий коммуникаций. Между населенными пунктами и на их территории ВОЛС должны прокладываться в защищенных каналах (в трубах).

Особенно важна роль науки и технологий в формировании, оценке перспектив и реализации инфраструктуры Макрорегиона. При разработке Мегапроекта необходимо учитывать многие факторы, влияющие на его реализацию, в т.ч.: высокую стоимость ТИ, ЭИ и ИИ, большую продолжительность их модернизации и строительства, отсутствие единого критерия эффективности, неоднозначность и неточность измерения показателей и локальных критериев, риски технологических, экономических, внешнеполитических, климатических изме-

нений и др. Эти факторы вносят значительную неопределенность, влияющую на возможность формулировки уверенных выводов. При выработке рекомендаций по включению отдельных инфраструктурных проектов в Мегапроект требуется учет и обработка мнений экспертов. Следовательно, нужно создать достаточно надежную информационную базу для формирования предложений и планов, включаемых в Мегапроект.

Кроме того, необходимо сформировать эффективную систему отбора проектов с учетом экспертных оценок, а также систему управления реализацией проектов, устойчивую к внешним возмущениям. Для решения этих задач необходима научно обоснованная методология, методы и технологии управления развитием инфраструктуры Мегарегиона. Для их разработки могут быть использованы принципы, концепции, подходы, методы, процедуры и алгоритмы, предложенные для развития БТС в [6]. Например, в теории БТС разработаны и на практике реализованы элементы парадигмы клиентоориентированности транспорта [6]. Более общая парадигма клиентоориентированного развития инфраструктуры Макрорегиона и ее подсистем направлена на обеспечение качественного соответствия ее услуг возросшим требованиям потребителей. Применение этой парадигмы при планировании развития ЭИ позволяет сделать её подсистемой инфраструктуры Макрорегиона с многочисленными внутренними и внешними связями с секторами экономики, социальной сферой и внешней средой [10].

Необходимость интеграции ТИ с ЭИ и ИИ требует широкого использования новых транспортных технологий. Подобным образом обстоит дело и в сфере ЭИ. Однако обоснование приоритетных направлений научно-технического развития в энергетике осложняется существенно меньшей теоретико-методологической проработанностью и ограниченностью применения формализованных подходов.

Подобный теоретико-методологический подход должен применяться и в сфере ИИ [9]. В частности, для эффективной интеграции ИИ в инфраструктуру Макрорегиона требуется развитие теории больших информационно-телекоммуникационных систем (БИТС) и соответствующих новых технологий. Основные направления развития БИТС: увеличение скорости передачи информации на основе широкополосных линий и оптических каналов на основе технологии поколения 5G; интеллектуализация телекоммуникационных сетей; адаптация к росту числа и мобильности пользователей в связи с удешевлением и миниатюризацией конечных средств и широким применением техники беспроводной связи.

Технологии, оказывающие воздействие на развитие ИИ:

– оптические технологии, обеспечивающие увеличение скорости, удешевление доступа к сети и увеличение числа пользователей;

– широкополосные каналы, позволяющие передавать разнородную информацию по одному и тому же каналу и, как следствие, повышающие быстродействие и интеллектуальность сети; технологии мультиплексирования и коммутации, повышающие интеллектуальность сети; методы кодирования и сжатия информации;

– коммутируемые локальные вычислительные сети, увеличивающие производительность и интеллектуальность сети;

– универсальный доступ к услугам Интернета и др.

Список литературы

1. Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Актуальные проблемы реализации мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР – ИЕТС» / Коллективная монография под ред. В.В. Козлова, А.А. Макоско. – М.: Наука. 2019. – 463 с.

2. Цыганов В.В. Адаптивные механизмы в отраслевом управлении. – М.: Наука. 1991. – 168 с.

3. Цыганов В.В., Бородин В.А., Шишкин Г.Б. Интеллектуальное предприятие: механизмы овладения капиталом и властью. Теория и практика управления эволюцией организации. – М.: Университетская книга. 2004. – 768 с.

4. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: Либроком. 2009. – 264 с.

5. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. – СПб: ИПТ РАН. 2016. – 216 с.

6. Цыганов В.В. Инфраструктурная политика Мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР – ИЕТС» // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 2 (12). С. 58-62.

7. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Бородин В.А. Транспортные проблемы пространственного развития // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 2 (12). С. 62-67.

8. Цыганов В.В., Савушкин С.А., Горбунов В.Г. Трансконтинентальные транспортные коридоры в России // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 2 (12). С. 67-71.

9. Гурлев И.В., Бородин В.А., Цыганов В.В. Управление развитием информационно-телекоммуникационной инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и Арктики // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2019. № 2 (12). С. 15-19.

10. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и 3 этапа развития до 2050 года / Под ред. А.А. Макоско. – М.: ИПТ РАН, 2019. – 465 с.

УДК 338.242

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Ульченко Михаил Васильевич *– кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экономической политики и хозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера*

Башмакова Елена Петровна *– кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела социальной политики на Севере*

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук»

Аннотация. Целью работы является проведение анализа состояния инфраструктуры Северного морского пути, выявление проблем и перспектив развития. Научная новизна исследования состоит в изложении авторского взгляда на существующие проблемы в развитии важнейшей национальной транспортной магистрали – Северного морского пути. В статье сделан вывод о том, что в случае реализации крупнейших проектов в Арктической зоне РФ, объем грузоперевозок по трассе СМП к 2024 году может достигнуть 80 млн тонн, обозначенных в майских указах Президента РФ.

Ключевые слова: Северный морской путь, транспорт, проблемы, развитие, перспективы, проекты, добыча, экономика.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE NORTHERN SEA ROUTE

Ulchenko Mikhail V. – Ph.D. (Economics), Associate Professor, Leading Researcher of department of economic policy of economic activity in the Arctic and the regions of the Far North

Bashmakova Elena P. – Ph.D. (Economics), Associate Professor, Leading Researcher of social policy in the North

Luzin Institute for Economics Studies – Subdivision of the

Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»

Abstract. The aim of the work is to analyze the state of the infrastructure of the Northern sea route, identify problems and prospects for development. The scientific novelty of the study consists in the presentation of the author's view on the existing problems in the development of the most important national transport highway-the Northern sea route. The article concludes that in case of implementation of the largest projects in the Arctic zone of the Russian Federation, the volume of cargo transportation along the NSR route by 2024 can reach 80 million tons, indicated in the may decrees of the President of the Russian Federation.

Keywords: Northern sea route, transport, problems, development, prospects, projects, production, economy.

Позиция специалистов, утверждающих о том, что транспортная инфраструктура регионов Севера и Арктики РФ слабо развита [1,2], известна давно и нашла свое отражение в Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации (далее АЗРФ) и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [3], подписанной Президентом страны – В.В. Путиным. В Стратегии прямо говорится о том, что обозначенная проблема существенно усложняет возможность успешного промышленного освоения арктических территорий, и препятствует повышению их уровня социально-экономического развития. Предполагаемым решением представляется создание и развитие единой Арктической транспортной системы, ключевым элементом которой должен стать Северный морской путь (далее СМП), представляющий собой кратчайший морской путь между дальневосточными и европейскими морскими портами.

Изменение климата, активизация военной и экономической деятельности в Арктике, причем со стороны не только арктических и приарктических государств, а также постоянные нападения со стороны пиратов на торговые суда, следующие через Суэцкий канал, существенно повышают привлекательность Северного морского пути [4]. При этом необходимо помнить, что ключевым преимуществом СМП перед его южным конкурентом является возможность экономии времени, а значит и средств. Так, например, доставка грузов из Нидерландов в порты стран Азиатско-Тихоокеанского региона (Япония, Китай и т.д.) через Суэцкий канал, займет около 33 дней (более 10500 миль), а через Северный морской путь – 23 дня (7600 миль) [5]. На рисунке представлены данные об объемах перевозок грузов по трассе СМП в период с 1987 по 2018 гг.

Согласно представленным на рисунке данным, видно, что объемы грузоперевозок значительно возросли – на 43% в 2017 году, и более чем на 80% в 2018, практически в 3 раза превзойдя максимальные значения советского периода 1987 года – 6,58 млн тонн, против 19,7 млн тонн. Столь значительная положительная динамика обусловлена успешной реализацией мегапроекта Ямал-СПГ. В результате, по итогам 2018 года объем перевозок сжиженного природного газа по трассе Северного морского пути составил 8,4 млн тон, что в 37,5 раз больше, чем по итогам 2017 года. По данным Администрации СМП значительно возросли и объемы транспортировки газоконденсата – 805 тыс. тонн, против 106,9 тыс. тонн в 2017 году, а также нефти и нефтепродуктов – 7,8 млн тонн, против 6,58 млн тонн. По итогам прошедшего года Администрацией Северного морского пути было выдано 91 разрешение на плавание в акваториях СМП судам под иностранным флагом, а общее количество практически достигло отметки в 800 разрешений [6].

Согласно прогнозным данным, представленным Министерством транспорта Российской Федерации (далее Минтранс) и Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации (далее Минприроды) общий объем грузоперевозок по трассе СМП к 2024 году превысит отметку в 80 млн тонн [5]. Именно эта цифра была прописана в майском Указе Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [8]. При этом, предполагается, что значительная часть (от 40 до 47 млн тонн) из озвученных объемов будет обеспечиваться за счет освоения ПАО НОВАТЭК месторождений газа на Ямале и Гыдане.

Рисунок – Объем грузоперевозок по трассе СМП в период с 1987 по 2018 гг. [1,2,6,7]

Также планируется добыча и транспортировка нефти «Нефтегазхолдингом» – более 5 млн тонн в год, угля компаниями – «ВостокУголь» – до 19 млн тонн, и «Северная звезда» – до 4 млн тонн [5].

Несмотря на столь оптимистичные планы необходимо отметить, что для эффективного использования данной магистрали необходимо решить ряд существующих проблем:

– во-первых, значительной модернизации требуют действующие арктические порты, расположенные вдоль всей трассы – Дудинка, Певек, Тикси, Хатанга, которые не отвечают современным требованиям, предъявляемым международной системой судоходства [1,9];

– во-вторых, для обеспечения полноценного и безопасного судоходства, необходима не только модернизация уже существующих портов, но строительство новых;

– в-третьих, даже, несмотря на повышение среднегодовой температуры в Арктике, уменьшение площади и толщины морского льда, осуществлять круглогодичную проводку судов по трассе Северного морского пути без ледоколов двойного и универсального назначения не представляется возможным [4];

– в-четвертых, формирование тарифов на проводку судов по трассе СМП должно быть более прозрачным и экономически обоснованным.

Очевидно, что реализация обозначенных проектов невозможна без устранения большинства из перечисленных проблем, а их решение, во многом, будет зависеть от государственной поддержки и контроля.

По данным Минтранса, общая стоимость реализация проекта СМП оценивается в 735 млрд рублей, из которых порядка 270 млрд будет выделено из федерального бюджета. Так для реализации проекта «Арктик СПГ-2», компании НОВАТЭК, необходимо строительство нового СПГ-терминала общей стоимостью более 112 млрд рублей. Планируется, что более 70% от этой суммы (82 млрд рублей) будет выделено из бюджета, остальные 30 млрд рублей – это средства частного бизнеса. От 130 до 150 млрд рублей бюджетных средств планируется потратить на строительство железнодорожной магистрали Северный широтный ход, которая должна связать западную и восточную часть Ямало-Ненецкого автономного округа. Еще около 37 млрд рублей предполагается потратить на реконструкцию пятнадцати аэропортов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации [5].

Для реализации проекта группы «Нефтегазхолдинг» по добыче нефти на Пайяхском месторождении, необходимо строительство нефтяного терминала, ориентировочная стои-

мость – 32 млрд рублей, планируется, что терминал будет построен на средства компании. Реализация проекта компании «ВостокУголь», связанного с добычей угля на полуострове Таймыр, требует строительства порта «Диксон», планируемая стоимость – 18 млрд рублей, строительство также планируется осуществлять за счет средств частного бизнеса [5].

Стоит также отметить, что у экспертов вызывает сомнение, тот факт, что проекты компаний «ВостокУголь» и «Северная звезда» будут полностью реализованы в обозначенные сроки. Дело в том, что обе компании, на данный момент времени, не обладают собственным флотом необходимого ледового класса для обеспечения вывоза угля в зимний период времени. Тем не менее, реализация к 2024 году крупнейших проектов по освоению природных ресурсов АЗРФ, с государственным участием, должна позволить обеспечить необходимые объемы грузоперевозок по трассе СМП.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что с целью реализации новых проектов по освоению природных ресурсов АЗРФ и обеспечения загруженности национальной транспортной магистрали СМП до объемов, обозначенных в майских указах Президента РФ – 80 млн тонн по итогам 2024 года, диктуется необходимость модернизации существующей портовой инфраструктуры, строительство новых портов и ледоколов универсального и двойного значения. Часть средств, предназначенных на эти цели, порядка 270 млрд рублей, выделит государство, остальные ресурсы (около 460 млрд рублей) изыскиваются частным бизнесом.

Исследование выполнено в рамках Программы Президиума РАН «Социально-гуманитарные аспекты устойчивого развития и обеспечения стратегического прорыва России» (подпрограмма «Пространственная реструктуризация России с учетом геополитических, социально-экономических и геоэкологических вызовов»).

Список литературы

1. Факторный анализ и прогноз грузопотоков Северного морского пути / Науч. ред. д.э.н., проф. Селин В.С., д.э.н., проф. Козьменко С.Ю. Апатиты: КНЦ РАН. 2015. – 335 с.
2. Лукин Ю.Ф. Северный морской путь: возможности и угрозы / Арктика и Север. 2015. № 1 (3). С. 58-61.
3. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации. URL: http://legalacts.ru/doc/strategija-razvitija-arkticheskoi-zonyrossiiskoi-federatsii-i/ (дата обращения 20.10.2019).
4. Ульченко М.В., Башмакова Е.П. Проблемы развития транспортной инфраструктуры в регионах Арктической зоны Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 7, № 11. С. 45-52.
5. Северный морской путь // РБК. URL: https://www.rbc.ru/tags/?tag= (дата обращения 19.10.2019).
6. Администрация Северного морского пути // Официальный сайт. URL: http://www.nsra.ru/ (дата обращения 20.10.2019).
7. Транспорт в России 2018 // Статистический сборник Федеральной службы государственной статистики. URL: https://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/transp18.pdf (дата обращения 18.10.2019).
8. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» / Указ Президента РФ №204 от 7 мая 2018 года. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201805070038 (дата обращения 15.10.2019).
9. Селин В.С., Селин И.В.Тенденции развития арктических морских портов // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2018. № 1 (57). С. 55-66.

УДК 528.47

НАВИГАЦИОННО–ГИДРОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Тезиков Александр Львович *– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрографии моря*

ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

Аннотация. Статья посвящена обзору основных направлений научных исследований научной школы «Гидрографическое обеспечение Северного морского пути», объединяющей преподавателей, студентов, аспирантов и выпускников Арктического факультета ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова». Отмечены основные тенденции изменения структуры флота, условий плавания судов и развития сети судоходных маршрутов в арктических морях, отмеченные за последние десять лет. Выделены два основных направления научных исследований, которые используются для решения широкого круга задач, связанных с обеспечением навигационной безопасности плавания крупнотоннажных судов в акватории Северного морского пути и снижением влияния судоходства на экологическую систему Арктики.

Ключевые слова: научная школа, Северный морской путь, транспортные потоки, гидрографическое обеспечение, крупнотоннажные суда, маршруты, льды, мелководье, скоростные режимы.

HYDROGRAPHIC SUPPORT OF THE NORTHERN SEA ROUTE. PROBLEMS AND SOLUTIONS

Tezikov Alexander L. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of sea hydrography

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

Abstract. The Article describes the main directions of scientific researches scientific schools «Hydrographic support of the Northern sea route»,uniting teachers, students, graduate students and alumni of the Arctic faculty of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. The main trends of changes in the structure of the fleet, the navigation conditions of vessels and shipping routes in the Arctic seas, noted for the last ten years. Two main research directions, which are used for a wide range of tasks associated with ensuring navigational safety of navigation of large ships in the waters of the Northern sea route and reducing the impact of shipping on the ecological system of the Arctic.

Keywords: scientific school, Northern Sea Route, transport flows, hydrographic support, large-tonnage vessels, routes, ice, shallow water, speed regimes.

Перед Российской Федерацией стоит глобальная задача превращения Северного морского пути (СМП) в постоянно действующую круглогодичную транспортную магистраль, связывающую по кратчайшему расстоянию Атлантический и Тихий океан [1]. В ближайшем будущем в акватории СМП ожидается рост интенсивности судоходства и продление сроков навигации, вплоть до превращения в круглогодично действующую транспортную магистраль. Для обеспечения этих процессов планируется строительство ледоколов нового поколения [2]. Реализация этих планов неизбежно вызовет необходимость плавания судов в акватории СМП не только по рекомендованным маршрутам, но и с существенными отклонениями от них. Это связано с увеличением осадки судов до 12-15 м, для которых использование значительной части нынешних рекомендованных трасс затруднительно или невозможно.

Государственный университет морского и речного флота носит имя вице-адмирала С.О. Макарова, прославленного ученого и флотоводца, внесшего значительный вклад в создание ледокольного флота России, изучение и освоение Северного морского пути.

По традиции в научной деятельности университета арктическое направление играет заметную роль. В 2016 году оформлена научная школа по направлению «Гидрографическое обеспечение Северного морского пути», объединяющая в себя преподавателей, студентов, аспирантов и выпускников Арктического факультета, которые ведут активные исследования по широкому кругу вопросов, связанных с развитием судоходства в арктических водах [3].

СМП представляет собой сложную развивающуюся транспортную систему, в которой с 2010 года отмечаются значительные изменения. Изменения в первую очередь начали проявляться в резком возрастании интенсивности судоходства, увеличении доли крупнотоннажных судов, расширении сети судоходных маршрутов и площадь акватории, на которой используется режим круглогодичной навигации. Эти процессы в основном были связаны с началом освоением и вывозом углеводородов из портов Обской губы.

Указом Президента РФ № 204 от 76 мая 2018 года определены количественные индикаторы развития СМП на период до 2024 года, в том числе установлено, что к 2024 году объем морских грузоперевозок должен достичь 80 млн. тонн.

Достижение такого показателя потребует проведения широкомасштабных работ по строительству ледокольного и транспортного флота, расширения грузовой базы, а также реализацию комплексного плана модернизации инфраструктуры арктической транспортной системы.

Реализация проектов будет происходить с учетом политических, экономических и экологических ограничений, которые накладываются требованиями Полярного кодекса, резолюциями Международной морской организации о запрете использования тяжелого топлива в арктических водах, а также секторальными санкциями США и ЕС, введенными в 2014 и 2017 годах в отношении российских нефтяных компаний.

При проведении научных исследований, направленных на обеспечение безопасности арктического судоходства и гидрографического обеспечения СМП учитывается вся доступная информация, в том числе и отмеченные ограничения.

Разрабатываются два основных взаимосвязанных научных направления. Первое направление посвящено разработке обобщенной модели морских транспортных потоков СМП [4]. Второе направление связано с разработкой методов комплексной оценки навигационных свойств акватории Арктических морей [5,6].

Исследование характеристик морских транспортных потоков на стадии развития транспортной системы наряду с научным значением используется в практических приложениях, в перечень которых входят следующие задачи:

– оценка соответствия системы гидрографического обеспечения задачам развития СМП;

– оценка влияния судоходства на арктическую экологическую систему;

– планирование промерных работ с учетом развития сети судоходных маршрутов;

– построение схемы оптимальных маршрутов крупнотоннажных судов при их самостоятельном плавании во льдах и другие.

На формирование транспортных потоков в арктических морях существенно влияют лед и мелководья.

В зонах дрейфующего льда формируются области скопления тяжелых льдов, образующих ледяные массивы. На рисунке 1 показана схема ледяных массивов: 1 – Новоземельский; 2 – Карский северный; 3 – Североземельский; 4 – Таймырский; 5 – Янский; 6 – Новосибирский; 7 – Айонский и 8 – Врангелевский [7].

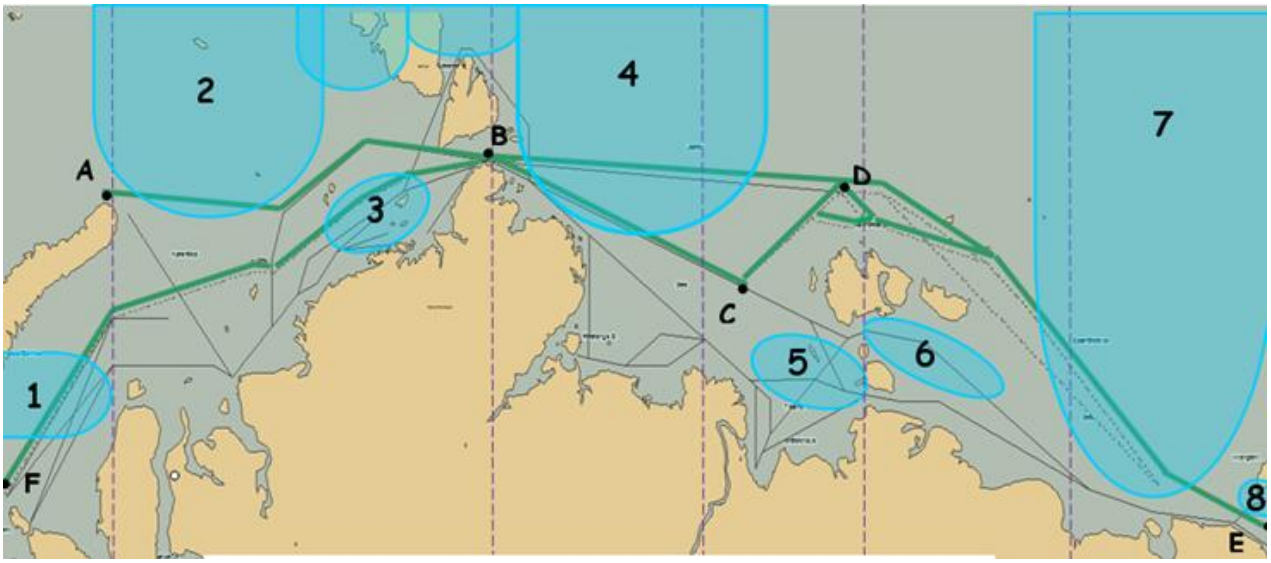


Рисунок 1 – Схема расположения ледяных массивов

Таймырский и Айонский ледяные массивы оказывают наибольшее влияние на судоходство.

На рисунках 2 и 3 приведены схемы маршрутов транспортных судов в летний и зимний навигационные периоды 2018 года.

Рисунок 2 – Маршруты движения судов в летний навигационный период

Рисунок 3 – Маршруты движения судов в зимний навигационный период

В настоящее время в зимний навигационный период судоходство в центральном и восточном секторах СМП практически отсутствует. Круглогодичная навигация осуществляется только в юго – западной части Карского моря [8].

В акватории СМП 90% общего объема перевозок в 2018 году выполнили 22 крупнотоннажных судна, которые работали в режиме круглогодичного плавания. Остальные 10% объема приходились на 520 судна, имеющих относительно небольшую грузовместимость.

Использование информации, получаемой от судовых идентификационных и геоинформационных систем, позволяет исследовать скоростные режимы движения судов в ледовых условиях, которые могут быть использованы для повышения качества идентификации ледовых карт. На рисунке 4 приведено расположение судов с указанными мгновенными значениями их скорости и направлениями движения [9].

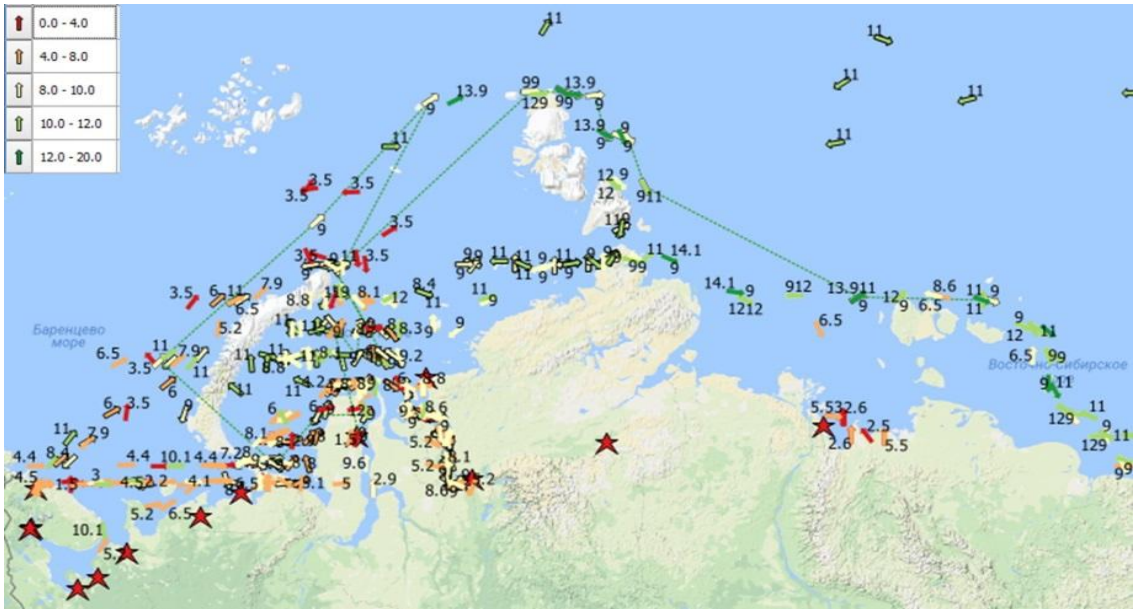


Рисунок 4 – Скорость и направление движения в акватории СМП на фиксированную дату

Способ разведки ледовой обстановки на СМП, основанный на регистрации изменения абсолютного значения скорости движения во льдах, защищен патентом РФ № 2694085.

Среди достижений научной школы следует отметить многочисленные статьи, доклады и завершенные НИР, а также участие и победы в конкурсах научных работ, организованных Минтрансом России и Национальным арктическим научно – образовательным консорциумом.

Уникальным событием стало открытие пяти островов в бухте Визе Карского моря [10].

В 2017 году предположение об островах в бухте Визе было высказано в выпускной квалификационной работе Мигуновой Марины, выпускницы нашего университета. Острова вскоре были обнаружены и описаны.

Список литературы

1. Смирнов А.А., Головинский С.А. Перспективы развития Северного морского пути (к 55-летию атомного ледокольного флота России) // Арктика: экология и экономика. 2014. № 4 (16). С. 108-114.

2. Рукша В.В. Структура и динамика грузоперевозок по Северному морскому пути: история, настоящее и перспективы / В.В. Рукша, М.С. Белкин, А.А. Смирнов, В.Г. Арутюнян // Арктика: экология и экономика. 2015. № 4 (20). С. 104-110.

3. Афонин А.Б., Тезиков А.Л. Концепция развития судоходных трасс акватории Северного морского пути // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9, № 1. С. 81-87. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-81-87.

4. Ольховик Е.О., Афонин А.Б., Тезиков А.Л. Информационная модель морских транспортных потоков Северного морского пути // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. Т. 10, № 1. С. 97-105. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-97-105.

5. Афонин А.Б. Комплексная оценка безопасности плавания в акватории Северного морского пути // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. № 6 (52). С. 1132-1142. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1132-1142.

6. Клюев В.В. Формализация оценки безопасности акватории Северного морского пути // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2016. № 4 (38). С. 69-74. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-69-74.

7. Миронов Е.У. Модели и методы расчета и прогноза ледовых и океанографических условий в арктических морях / Е.У. Миронов, И.М. Ашик, В.И. Дымов, М.Ю. Кулаков, С.В. Клячкин // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 2 (85). С. 16-28.

8. Ольховик Е.О. Исследование плотности транспортных потоков 2018 года в акватории северного морского пути // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. № 5 (51). С. 975-982. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-975-982.

9. Ольховик Е.О. Анализ скоростных режимов СПГ-танкеров в акватории Северного морского пути в период зимней навигации 2017-2018 гг. // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2018. Т. 10, № 2. С. 300-308. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-300-308.

10. В Арктике официально открыли пять новых островов. Русское географическое общество. URL: https://www.rgo.ru/ru/article/v-arktike-oficialno-otkryty-pyat-novyh-ostrovov (дата обращения 12.10.2020).

УДК 338.47:656 (470.1/.2+571.121)

ПОРТ ИНДИГА В АРКТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ РОССИИ

Киселенко Анатолий Николаевич *– доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, руководитель лаборатории проблем транспорта*
Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Аннотация. Ввод в эксплуатацию глубоководного незамерзающего порта Индига увеличит в ближайшее десятилетие грузооборот портов Арктического бассейна минимум на 20 млн т, максимум на 80 млн т, при этом грузооборот порта неограничен физическим состоянием бухты. Порт Индига обеспечит свободный выход России в Мировой океан.
Ключевые слова: порт, Индига, грузооборот, Арктическая транспортная система, транспортные подходы, водный транспорт, себестоимость перевозок, корпорация «Аеон».

INDIGA PORT IN THE ARCTIC TRANSPORT SYSTEM OF RUSSIA

Kiselenko Anatoly N. – Doctor of Engineering Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the laboratory of transport problems
Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS

Abstract. The commissioning of the deep-water ice-free port of Indiga will increase in the next decade the cargo turnover of ports in the Arctic basin by at least 20 million tons, a maximum of 80 million tons, while the cargo turnover of the port is unlimited by the physical condition of the bay. The port of Indiga will provide a free entry of Russia in the World Ocean.
Keywords: port, Indiga, cargo turnover, Arctic transport system, transport approaches, water transport, cost of transportation, AEON Corporation.

Порт Индига планируется построить в бухте Индига, расположенной на широте 67°42″ и долготе 48°48″. Сюда доходят ветви теплого течения Гольфстрима, проходящего южнее о. Колгуев. В районах Чёшской и Индигской губ господствуют юго-западные ветры. Наблюдения, сделанные зимой, показывают, что Баренцево море южнее о. Колгуев не замерзает, а образует ледяной припай не толще 61 [1]. Южные ветры и теплое течение Гольфстрима освобождают подходы к бухте Индига от накопления льдов. Большие глубины бухты Индига обуславливают прием судов с любой осадкой и вместимостью. Водная территория порта, площадью около 22 кв. км, значительная протяженность берегов, удобных для устройства причальных линий, хорошие сухопутные подходы, не ограничивают грузооборот порта [2].

На рисунке 1 представлены основные составляющие западной части Арктической транспортной системы [3-7].

Рассмотрим транспортные подходы к бухте Индига. Кроме естественного морского сообщения имеются водные внутренние пути позволяющие при небольших затратах соединить реку Индига с Печорской водной системой (рисунок 2).

При необходимости использования дешевого внутреннего водного транспорта (на конец XX века себестоимость перевозки грузов внутренним водным транспортом в Европейской части нынешней РФ была ниже, чем на железных дорогах на 60%) имеется возможность соединения Печорской водной системы с Обской и Волжской (через Камскую). В настоящее время основной грузопоток прогнозируется по железной дороге.

В 2018 г. грузооборот морских портов России составил 816,5 млн т, в том числе по бассейнам: Арктический – 92,7 млн. т; Балтийский – 246,3 млн. т; Азово-Черноморский – 272,2 млн. т; Каспийский – 4,8 млн т; Дальневосточный – 200,5 млн т. [8].

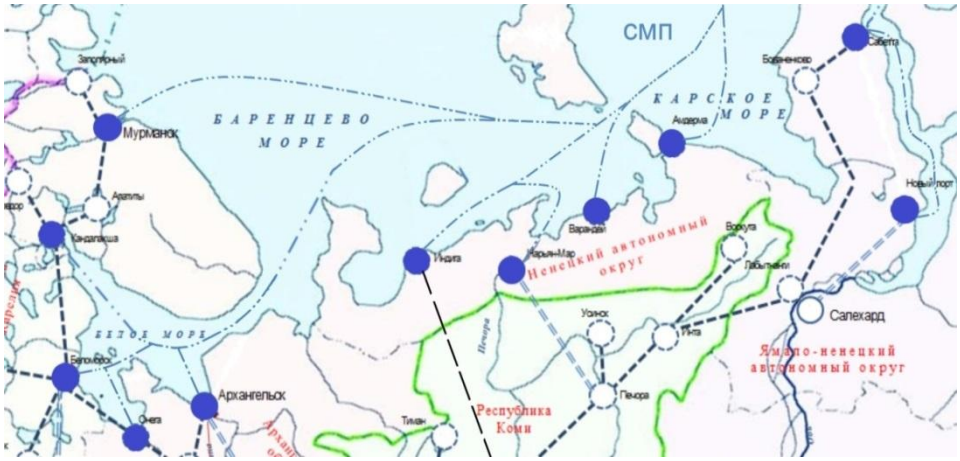


Рисунок 1 – Западная часть Арктической транспортной системы (круги с темной заливкой – порты западной части Арктической транспортной системы, круги без заливки – населенные пункты, пунктирная линия – существующая и перспективная (до Индиги) железная дорога, двойная пунктирная линия – внутренние водные пути)

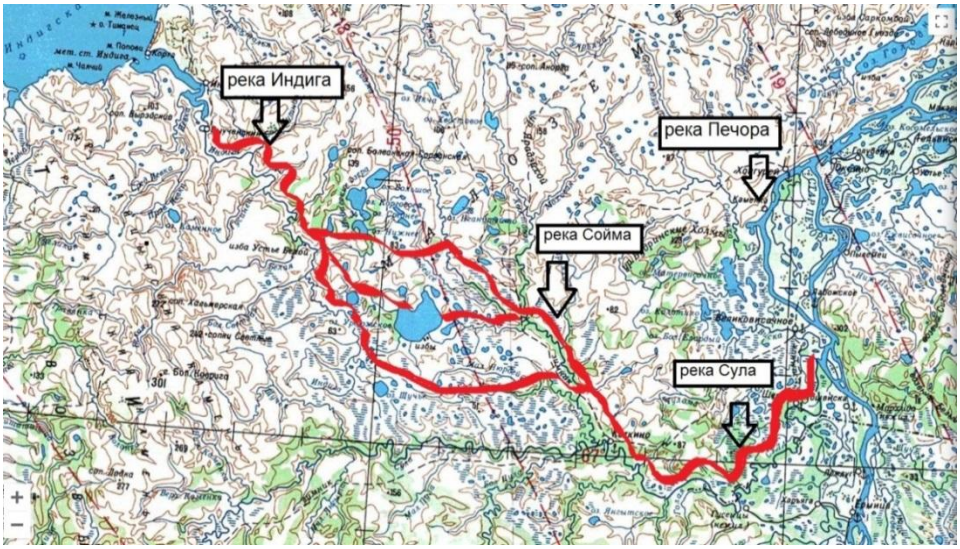


Рисунок 2 – Водные внутренние пути, соединяющие реку Индига с Печорской водной системой

Основные порты Арктического бассейна в 2018 г. имели следующий грузооборот: Мурманск – 60,7 млн т, Сабетта – 17,4 млн т, Архангельск – 2,8 млн т.

Ввод в эксплуатацию глубоководного незамерзающего порта Индига увеличит в ближайшее десятилетие грузооборот портов Арктического бассейна минимум на 20 млн т, максимум на 80 млн т, при этом грузооборот порта неограничен физическим состоянием бухты. Порт Индига обеспечит свободный выход России в Мировой океан.

На сегодняшний день существует несколько предпроектных изысканий морского порта в бухте Индига – от проектов 20-х гг. прошлого столетия [1] до предпроектых изысканий настоящего времени [2].

Корпорация «Аеон» начала в 2019 году проектирование порта Индига, планирует не позднее 2021 года начать его строительство, а к 2025 г. запустить новый порт мощностью 80 млн т грузов. Первая очередь порта рассчитана на 20 млн т груза и будет стоить примерно 32 млрд руб.

В целом, инвестиции в проект незамерзающего глубоководного морского порта Индига составят более 300 млрд руб., включая стоимость железной дороги к нему. Стоимость проекта порта Индига оценивается примерно в 100 млрд руб., а остальное – стоимость ин-

фраструктуры, включая строительство железной дороги от Сосногорска до порта (160 млрд руб.).

По данным корпорации «Аеон» порт Индига будет специализироваться на перевалке коксующегося угля, древесины, удобрений, химических продуктов и др.

Работа выполнена в рамках проекта №18-9-7-15 «Анализ и прогноз обеспечения Арктической транспортной системы транспортными подходами на Европейском и Приуральском Севере России» Комплексной программы УрО РАН 2018–2020 гг.

Список литературы

1. Йогансон Е.Г., Белобородов В.Я. Порт Индига; соображения о железнодорожном строительстве к порту Индига и о грузовых потоках к нему. Усть-Сысольск: изд. Обл. испол. ком. Авт. обл. Коми, 1928. – 56 с.

2. Транспорт Европейского и Приуральского Севера России / Киселенко А.Н. и [др.]. Сыктывкар, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. – 267 с.

3. Север: арктический вектор социально-экологических исследований / Коллектив авторов; отв. ред. В.Н. Лаженцев. Сыктывкар, ООО «Коми республиканская типография», 2008. – 408 с.

4. Киселенко А.Н., Малащук П.А. Сценарии развития наземного транспорта Европейского Северо-Востока и Приуральского Севера // Мир транспорта. 2015. № 4 (59). С. 138-153.

5. Киселенко А.Н. О развитии транспортной системы Европейского Севера России // Региональная экономика теория и практика. 2014. № 11 (38). С. 2-11.

6. Касаткин Р.Г. Роль северного морского пути в Арктической транспортной системе // Региональная экономика теория и практика. 2008. № 23 (80). С. 50-55.

7. Киселенко А.Н., Сундуков Е.Ю. Пути сообщения Европейского Северо-Востока к акватории СМП // Российская Арктика: история, современность, перспективы: материалы XV международного Соловецкого форума. Архангельск – Соловецкие острова. 2012. С. 100-104.

8. Грузооборот морских портов России за январь-декабрь 2018 г. / Ассоциация морских торговых портов. URL: http://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-yanvar-dekabr-2018-g (дата обращения 10.10.2019).

УДК 338.47:656.6(470.1/.2)

О ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

Сундуков Евгений Юрьевич *– кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта*

Тарабукина Надежда Андреевна *– старший инженер лаборатории проблем транспорта*

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Аннотация. В работе описываются проблемы на внутреннем водном транспорте Европейского Севера России, которые ограничивают доступность услуг речного транспорт населению и предприятиям данной территории. В то время как в Западной Европе внутренний водный транспорт эффективно используется для перевозок крупных партий грузов. Показатель плотность путей сообщения на 1000 кв. км не отражает возможности сети внутреннего водного транспорта по обеспечению доступности территорий Европейского Севера России.

Ключевые слова: Европейский Север России, внутренний водный транспорт, транспортная доступность, плотность путей сообщения, пассажирские перевозки, грузовые перевозки.

ABOUT INLAND WATERWAYS OF THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA

Sundukov Evgeny Yu. – PhD (economics), Senior Researcher of the Laboratory of transportation problems

Tarabukina Nadezhda A. – Senior Engineer of the Laboratory of transportation problems

Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS

Abstract. The article describes problems in inland water transport of the European North of Russia, which limit the availability of river transport services to the population and enterprises of this territory. While in Western Europe inland water transport is effectively used to transport large shipments of cargo. The density of the communication routes per 1000 km^2 does not reflect the ability of the inland water transport network to ensure accessibility of the territories of the European North of Russia.

Keywords: European North of Russia, transport accessibility, inland water transport, density of ways, passenger transport, freight transport.

Долгое время водные пути являлись главными транспортными коммуникациями, по которым шло освоение территорий Русского Севера и Сибири. Именно наличие протяженных и малозатратных водных путей было контраргументом против строительства железных дорог в России в первой половине XIX века.

В Западной Европе в настоящее время объемы речных перевозок увеличиваются из года в год, хотя и незначительными темпами, однако, доля их в общем объеме перевозок грузов снижается [1]. Тем не менее, наработанные за десятилетия логистические схемы с участием внутреннего водного транспорта (ВВТ) приносят значительные экономические эффекты в Нидерландах, Германии, Бельгии, Франции. В работе [2] отмечается, что в северо-западной Европе ВВТ является наиболее дешевым и экологически чистым для перевозок на расстояния 150-200 км.

В Российской Федерации в период с 1990-го по 2010-й гг. произошел спад объемов речных перевозок более чем в пять с половиной раз (с 562 до 102 млн т) [3]. Характерная тенденция: там, где параллельно водным путям появляются железнодорожные и автомобильные дороги, грузопотоки уходят с воды на сухопутные сообщения, пусть и более затратные. Речные маршруты сохраняются там, где им нет альтернативы по обеспечению транспортной доступности населенных пунктов и промышленных объектов и где они являются социально-значимыми.

На территории Европейского Севера России (ЕСР) расположены Беломорско-Онежский (Республика Карелия), Волго-Балтийский (Вологодская область), Северо-Двинский (Архангельская, Вологодская области, Республика Коми), Печорский (Республика Коми, Ненецкий автономный округ) бассейны внутренних водных путей [4].

Основные проблемы ВВТ ЕСР рассмотрены на примере Республики Коми [5], это:

– недостаточное обновление и пополнение пассажирского и транспортного флота, амортизация судов равняется 90 %, требуются большие затраты на ремонт флота;

– при ограниченном бюджетном финансировании дноуглубительные работы на некоторых участках рек экономически нецелесообразны, что негативно отражается на соблюдении необходимых габаритов и безопасности пассажирского судоходства;

– сокращение протяженности судоходных путей;

– гидротехнические сооружения системы водных искусственных путей требуют капитального ремонта, который ведется медленными темпами;

– убыточность пассажирских перевозок из-за высоких цен на дизельное топливо и низкой платежеспособности населения;

– профессиональные кадры достигают пенсионного возраста и уходят, молодежь на речной флот не привлекает заработная плата;

– отсутствие выходов к перспективным опорным морским портам.

Одним из показателей оценки транспортной доступности услуг определенного вида транспорта в регионе может служить *плотность путей сообщения в км на единицу площади* [6], чаще всего на *1000 кв. км территории.* В таблице приведены значения этого показателя для водного транспорта субъектов РФ, относящихся к ЕСР.

Из таблицы видно, что наибольшую плотность речных путей в *км на 1000 кв. км территории* имеет Республика Карелия. Вместе с тем, доля использования сети маршрутов водного транспорта крайне мала. В границах Беломорско-Балтийского канала, включая трассу Валдай – Сегежа, в 2018 г. перевезено 300,8 тыс. т грузов [7].

Пассажирские перевозки осуществляются по внутренним линиям, которые проходят по озерам и рекам, имеющим достаточный уровень глубины для свободной проходимости судов. Морские линии по акватории Белого моря обеспечивают транспортную доступность населенных пунктов, расположенных вдоль линии берега или на островах. В Карелии существует три такие регулярные линии: Беломорск – Соловки, Кемь (Рабочеостровск) – Соловки, а также Чупа – о. Средний – Кереть. Поскольку обеспечение транспортной доступности является одной из приоритетных задач, была принята Государственная программа Республики Карелия «Развитие транспортной системы в Республике Карелия на 2014-2020 годы» [8].

Таблица – Протяженность внутренних водных судоходных путей по субъектам РФ, относящихся к ЕСР, и их плотность

№ п/п	Субъект РФ	Площадь территории, *тыс. км²*	Протяженность водных путей, *км*[*]		Плотность водных путей[**], *км на 1000 км²*
			Всего	с гарантированными габаритами судового хода	
1.	Республика Карелия	172,4	3752,5	1900,5	21,8
2.	Вологодская область	144,5	2110,5	1424,5	14,6
3.	Республика Коми, в том числе:	416,8	3893,0	1283,0	9,3
	Северо-Двинский бассейн;	--	1881,0	384,0	--
	Печорский бассейн	--	2012,0	819,0	--
4.	Архангельская обл. без НАО	413,1	3443,0	1864,0	8,3
5.	НАО	176,8	383,0	114,0	2,2

[*] – Составлено по данным Росморречфлота на конец 2018 г.

[**] – Рассчитано авторами

В отношении водного транспорта эта программа предполагает сохранение на уровне 2012 г. регулярных маршрутов перевозки пассажиров внутренним водным транспортом «Петрозаводск – Сенная Губа – Великая Губа – Кижи – Петрозаводск», «Петрозаводск – Шала – Петрозаводск» в навигацию соответствующего года. Резкое изменение соотношения между уровнем среднедушевого дохода и уровнем пассажирских тарифов сделало для значительной части населения республики поездки в межмуниципальном и пригородном сообщении недоступными. Тем самым сложилась фактическая транспортная изоляция отдельных районов региона, которая усугубляется территориальной неравномерностью развития пассажирской транспортной сети республики. Ввиду отсутствия постоянной и надежной транспортной связи водным путем с населенными пунктами, расположенными на островных территориях Онежского озера, авиационные перевозки в Республике Карелия являются социально значимыми.

Второй по значению показатель плотности речных путей имеет Вологодская область. Но и там потенциал внутренних водных путей недоиспользуется. Основной объем грузовых перевозок осуществляется по Волго-Балтийскому каналу. Р. Сухона значительно обмелела и не может использоваться для повышения транспортной доступности населенных пунктов,

пассажирские перевозки полностью отсутствуют с середины 1990-х гг. по причине их нерентабельности и вымирания прибрежных деревень, особенно в верхнем течении. Регулярное грузовое судоходство на р. Сухоне прекратилось в 2013 г. в связи с банкротством порта в г. Великом Устюге.

В Республике Коми перевозки вдоль р. Вычегда осуществляются в незначительных объемах, в основном, используются переправы. Регулярное судоходство на р. Печора [9] осуществляется до пгт. Троицко-Печорска, весной и осенью – до с. Усть-Уньи. Грузы: лес в плотах, каменный уголь, нефтепродукты, минерально-строительные материалы, хлеб и др. Основные проблемы водного транспорта по р. Печоре связаны с мелководностью, заиливанием русла и продолжительным ледоставом. Лимитирующий фактор – необеспеченность глубинами. Главные пристани: Печора, Вуктыл, Усть-Цильма [10]. Прочие населённые пункты, с которыми обеспечиваются водные сообщения: Комсомольск-на-Печоре, Троицко-Печорск, Акись, Усть-Унья, Аранец, Брыкаланск, Песчанка, Соколово, Уляшово, Родионово, Усть-Уса, Щельябож, Захарвань, Денисовка, Мутный Материк, Кипиево. Продолжительность навигации составляет 4-4,5 месяца, что является одним из ограничений деятельности внутреннего водного транспорта на Европейском Севере – большую часть года его услуги не доступны потребителям.

В Архангельской области р. Северная Двина судоходна на всем протяжении, однако, пассажирское обслуживание по ней не осуществляется. Дноуглубительные работы на р. Северная Двина проводятся лишь частично. В основном это Малая Северная Двина, где из-за обмеления реки во время паводка происходят заторы. Проект по дноуглублению Северной Двины существует [11], но не реализуется. Его стоимость более 300 млн. руб. Была принята долгосрочная целевая программа Архангельской области «Развитие водохозяйственного комплекса Архангельской области на 2012-2020 годы» [12], в которой предусматривались мероприятия по проведению дноуглубительных (землечерпательных) работ, укреплению береговой линии на различных участках р. Северная Двина. Из Архангельска осуществляются пассажирские перевозки в различные части города, разделенные р. Северная Двина, и на острова.

В Ненецком автономном округе через порт Нарьян-Мар (110 км от моря) и 16 портопунктов в устьях рек, впадающих в Белое, Баренцево и Карское моря, сельские населенные пункты обеспечиваются топливно-энергетическими ресурсами, продуктами и промышленными товарами. В периоды межсезонья транспортное сообщение из Нарьян-Мара до удаленных населенных пунктов обеспечивается судами на воздушной подушке.

В отличие от железнодорожного и автомобильного видов транспорта показатель *плотность путей сообщения в км на 1000 кв. км территории* не отражает возможности сети внутренних водных путей по обеспечению транспортной доступности территорий Европейского Севера России ввиду их значительного недоиспользования.

Основные проблемы внутреннего водного транспорта РФ, и ЕСР в частности, призвана решить реализация Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года.

На современном этапе интенсивного хозяйственного освоения территорий Арктической зоны Российской Федерации важнейшими задачами ВВТ ЕСР являются обеспечение подходов к арктическим портам и создание сообщений-привязок удаленных населенных пунктов и промышленных объектов к опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России [13].

Список литературы

1. Гладков Г.Л. Обеспечение условий судоходства на внутренних водных путях // Транспорт Российской Федерации. 2014. № 1. С. 8-14.

2. Эглит Я.Я., Галин А.В. Особенности развития внутренних водных путей Европы // Морской и речной транспорт. 2014. № 1 (8). С. 38-41.

3. Мониторинг развития внутреннего водного транспорта / Департамент развития секторов экономики Министерства экономического развития РФ. URL: economy.gov.ru›wps /wcm/connect/2637b043-9a00-4e9b…(дата обращения 10.10.2019).

4. Филатов Н.Н., Карпечко В. А., Литвиненко А. В., Богданова М. С. Водный транспорт и энергетика севера европейской части России (обзор) // Арктика: экология и экономика. 2017. № 1 (25). С. 75-85.

5. Сундуков Е.Ю., Тарабукина Н.А. Анализ и перспективы развития опорной транспортной сети водного транспорта Европейского и Приуральского Севера России // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производственных сил Севера – 2018: материалы Шестой Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) (19-21 сентября 2018 г., Сыктывкар). – Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография». 2018. Ч. II. С. 281-290.

6. Радченко Д.М., Пономарев Ю.Ю. О способах измерения степени развития транспортной инфраструктуры // Пространственная экономика. 2019. Т. 15, № 2. С. 37-74. DOI: 10.14530/se.2019.2.037-074.

7. Водный транспорт Карелии / Информационный портал «ВикиКарелия». URL: https://wiki-karelia.ru/articles/transport/vodnyi-transport-karelii/ (дата обращения 03.10.2019).

8. Постановление Правительства Республики Карелия от 20.06.2014 № 197-П «Государственная программа Республики Карелия «Развитие транспортной системы в Республике Карелия на 2014–2020 годы» // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».

9. Печора / Информационный сайт о реках России «Все реки». URL: https://vsereki.ru/severnyj-ledovityj-okean/bassejn-barenceva-morya/pechora (дата обращения 04.10.2019).

10. Региональная транспортная компания / Сайт ООО «Региональная транспортная компания». URL: http://www.rtkkomi.ru/ (дата обращения 04.10.2019).

11. Почему мелеют реки в Архангельской области? Дноуглубление идет на дно... / Сетевое издание «Двина-Информ». URL: http://www.dvinainform.ru/economy/2014/02/07/21471.html (дата обращения 04.10.2019).

12. Постановление Правительства Архангельской области от 11.11.2011 № 361-п «Долгосрочная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Архангельской области на 2012-2020 годы» // Справочно-правовая система «Консультант Плюс».

13. Транспорт Европейского и Приуральского Севера России / А.Н. Киселенко и др. Сыктывкар, 2019. – 267 с.

УДК 347.763

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Ларин Олег Николаевич *– доктор технических наук, профессор кафедры логистических транспортных систем и технологий*

Рогова Дарья Андреевна *– аспирант кафедры логистических транспортных систем и технологий*

ФГАОУ ВО Российский университет транспорта (РУТ МИИТ)

Аннотация. В статье показана актуальность разработки унифицированной терминологии в комплексе с совершенствованием современной международной системы отраслевого нормативно-правового регулирования интермодальных перевозок. Приведены сведения об эффектах от унификации терминологии в условиях цифровизации отрасли. Совершенствование организационно-правовых условий интермодальных перевозок будет содействовать развитию интеграционных процессов между странами Евразийского континента.

Ключевые слова: интермодальные перевозки, взаимодействие видов транспорта, цифровизация, интеграция, унификация, терминология, международные перевозки, транспортные коридоры.

ORGANIZATIONAL LEGAL CONDITIONS OF INCREASING EFFICIENCY OF INTERMODAL TRANSPORTATION

Larin Oleg N. – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Logistics Transport Systems and Technologies

Rogova Daria A. – PhD student at the Department of Logistics Transport Systems and Technologies

Russian University of Transport

Abstract. The article describes the relevance of developing a unified terminology and the improvement of the modern international system of legal frameworks of intermodal transportation. The information on the effects of the unification of terminology in the context of digitalization of the industry is given. Improving the legal frameworks for intermodal transport will contribute to the development of integration processes between the countries of the Eurasian continent.

Keywords: intermodal transport, interaction of modes of transport, digitalization, integration, unification, terminology, international transport, transport corridors.

Повышение эффективности интермодальных перевозок контейнерных грузов, является одним из основных факторов устойчивого развития мировой экономики, важным драйвером роста международной торговли и повышения конкуренции на мировых товарных рынках. Согласно статистическим данным Конференции Организации Объединенных Наций по торговле и развитию (ЮНКТАД) высокие темпы роста международной торговли, которые наблюдаются на протяжении последних 30 лет, были достигнуты благодаря скоординированной работе разных видов транспорта [1]. По мнению многих экспертов, в долгосрочной перспективе тенденции на увеличение перевозок контейнерных грузов сохранятся. При этом наиболее высокая доля мирового объёма интермодальных перевозок будет приходится на Евразийские страны, которые занимают выгодное географическое положение и обладают значительным экономическим потенциалом [2-4].

В условиях стремительной цифровизации отрасли дальнейшее повышение эффективности интермодальных перевозок в значительной мере будет зависеть от организационно-правовых условий их осуществления, в том числе, от унификации терминологии и системы отраслевого нормативно-правового регулирования на международном уровне [5]. Как известно, применение цифровых технологий значительно расширяет возможности участников мультимодальных цепочек поставок, упрощает выполнение стандартных процедур, связанных с установлением правоотношений сторон и реализацией их полномочий, обеспечивает прозрачность транзакционных действий.

Для эффективного использования цифровых технологических решений необходимо, чтобы все участники международных цепочек поставок, независимо от их отраслевой принадлежности и используемого вида транспорта, работали по единым технологическим и информационным стандартам. По мнению экспертов Центра по упрощению процедур торговли и электронным деловым операциям ООН (СЕФАКТ ООН), для принятия любого международного стандарта, под которым понимается общепринятый формат и (или) процесс, необходимы значительные усилия, а для достижения консенсуса, как правило, требуется несколько лет [6]. Согласно положениям «Белой книги о справочной (референтной) модели данных» СЕФАКТ ООН, на первоначальном этапе разработки стандартов необходимо сначала стандартизировать термины и определения, которые использует бизнес-сообщество.

Использование единого понятийного формата способствуют предоставлению более точных данных, обеспечивает их совместимость, помогает повысить качество использования данных в бизнес-процессах, снижает риск ошибок, сокращая затраты и задержки.

Применение единой терминологии при выполнении мультимодальных перевозок обеспечивает следующие эффекты:

– семантическая совместимость данных в торговых и транспортных контрактах;

– реализация принципа «единой формы» для документов;

– формирование методологической основы для классификаторов и стандартов по мультимодальным перевозкам.

Однако на сегодняшний день отсутствует согласованная на международном уровне терминология по перевозкам, которые выполняются с участием нескольких видов транспорта. Понимая важность данной проблемы, коллектив учёных Российского университета транспорта совместно с представителями Экономической и социальной комиссии ООН по Азии и Тихому океану, специалистами Организации сотрудничества железных дорог, а также других заинтересованных организаций, инициировали проведение исследований по терминологии комбинированных, интермодальных и мультимодальных перевозок. На заседаниях экспертной группы обсуждаются вопросы корректного использования дефиниций терминов интермодальных перевозок в практической деятельности, существующие различия в теоретических и методических подходах, используемых при разработке профессиональных терминов в различных странах.

В исследованиях использован опыт России и её стратегических партнёров по различным региональным интеграционным блокам (в частности, по Евразийскому экономическому союзу, Шанхайской Организации сотрудничества и др.) по выстраиванию эффективных механизмов международной транспортной интеграции, организации трансконтинентальных транспортных коридоров и формирования на их основе бесшовных мультимодальных логистических цепочек.

Например, страны Евразийского экономического союза (ЕАЭС) проводят согласованную транспортную политику в целях усиления транспортной интеграции между всеми странами-участницами Союза, что является ключевым условием углубления экономической интеграции. Транспортная интеграция на пространстве ЕврАзЭС предусматривает последовательное и постепенное создание общего рынка транспортных услуг, а также общего транспортного пространства в рамках союзного образования на основе конкуренции, открытости, безопасности, надежности, доступности и экологичности транспортной деятельности.

Взаимовыгодное торгово-экономическое сотрудничество между странами Евразийского континента приводит к углублению региональной экономической интеграции в интересах устойчивого развития всех стран на пространстве Большой Евразии и закладывает основу для формирования Всеобъемлющего Евразийского Партнёрства. Поэтому активизация процессов унификации профессиональной терминологии по перевозкам с участием нескольких видов транспорта и совершенствование правовой основы регулирования интермодальных перевозок на национальном и межнациональном уровнях необходима для интеграции транспортных систем сопредельных государств, что будет способствовать дальнейшему развитию экономик Евразийского континента.

Список литературы

1. Review of Maritime Transport 2018. United Nations Conference on Trade and Development. 2018. 102 p.

2. Ларин О.Н., Горяев Н.К., Альметова З.В. Закономерности формирования транзитного потенциала: научная монография / О.Н. Ларин,– Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 188 с.

3. Ларин О.Н., Миротин Л.Б. Интегрированная модель транспортной системы регионов Российской Федерации // Транспорт: наука, техника, управление. 2008. № 1. С. 25-27.

4. Ларин О.Н., Латыпов Э.Р., Вязовский В.В. Современные задачи развития транзитных провозных возможностей транспортных систем // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2011. № 3 (22). С. 57-62.

5. Вакуленко С.П., Ларин О.Н., Куликова Е.Б. Актуальные вопросы классификации смешанных перевозок // Логистика: современные тенденции развития: материалы XVIII Международной научно-практической конференции. СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. 2019. Ч. 1. С. 78-84.

6. Белая книга о справочной модели данных. – Женева: Европейская экономическая комиссия ООН, 2017. – 14 с.

УДК 338.47

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПРИВАТИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА

Журавлева Наталья Александровна *– доктор экономических наук, профессор кафедры экономики транспорта*

Волыхина Наталья Владимировна *– старший преподаватель кафедры экономики транспорта*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. Целью данной статьи является рассмотрение особенностей деятельности государственных предприятий в сфере железнодорожного транспорта, а также влияния приватизации на бизнес-модель железных дорог. В работе приведены показатели деятельности государственных предприятий в Российской Федерации, а также проведен анализ предпосылок формирования новых бизнес-моделей транспортных организаций.

Ключевые слова: государственные предприятия, государственная собственность, железнодорожный транспорт, конкуренция, транспортная инфраструктура, железнодорожные перевозки, приватизация, реструктуризация.

THE FEATURES OF FUNCTIONING AND PRIVATIZATION OF STATE-OWNED TRANSPORT ENTERPRISES

Zhuravleva Natalia A. – Doctor of Economics, Professor, Department of Economics of Transport

Volykhina Natalia V. – Senior Lecturer, Department of Economics of Transport

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Abstract. The purpose of this paper is to consider the characteristics of the activities of state-owned transport enterprises, as well as the impact of privatization on the business model of railways. The paper presents the performance indicators of state-owned enterprises in the Russian Federation, as well as analyzes the prerequisites for the formation of new business models of transport organizations.

Keywords: state-owned enterprises, railway transport, competition, transport infrastructure, railway transportation, privatization, restructuring.

Государственные предприятия (далее – ГП) являются важным элементом экономик многих стран. ГП наиболее распространены в стратегических секторах, таких как энергетика, полезные ископаемые, транспорт, инфраструктура, коммунальные услуги и, в некоторых странах, финансовые услуги.

Общими целями создания государственных предприятий, являются [1]:

1) поддержка национальных экономических и стратегических интересов;

2) обеспечение непрерывности государственной собственности предприятий;

3) поставка определенных общественных товаров или услуг (после того, как рынок не сможет поставлять одни и те же товары или услуги);

4) осуществление деловых операций в «естественной» монопольной среде;

5) создание или поддержание государственной монополии (или олигополии), где рыночное регулирование считается невозможным или неэффективным.

По оценкам Международного валютный фонда (Доклад 2019 г.) доля участия государства в экономике Российской Федерации составляет порядка 33 % в 2016 году [2].

По другим оценкам [3] эта доля составляет 46% за этот же период и выше уровня 2006 года на 6%.

При этом, количество государственных и муниципальных предприятий в 2017 году по сравнению с 2010 годом снизилось на 13 и 20% соответственно (рисунок 1):

Транспортная инфраструктура и государственные предприятия оказывают существенное влияние на конкурентоспособность транспортной отрасли и косвенно определяют деловую среду в смежных секторах.

По состоянию на 1 июля 2019 года в Российской Федерации в сфере железнодорожных перевозок насчитывался 21 хозяйствующий субъект, относящихся к государственной собственности. Из них 13 предприятий, занимающихся пассажирскими перевозками, и 9 – грузовыми. В 2017 году количество таких предприятий составляло 16 и 11 соответственно [5].

Крупнейшим оператором железнодорожных перевозок является ОАО «РЖД». На рынке пассажирских железнодорожных перевозок доминирует данное государственное предприятие, в связи с чем данным рынок в значительной степени закрыт для конкуренции. Тем не менее, лицензированные операторы предоставляют услуги в небольшой части сети.

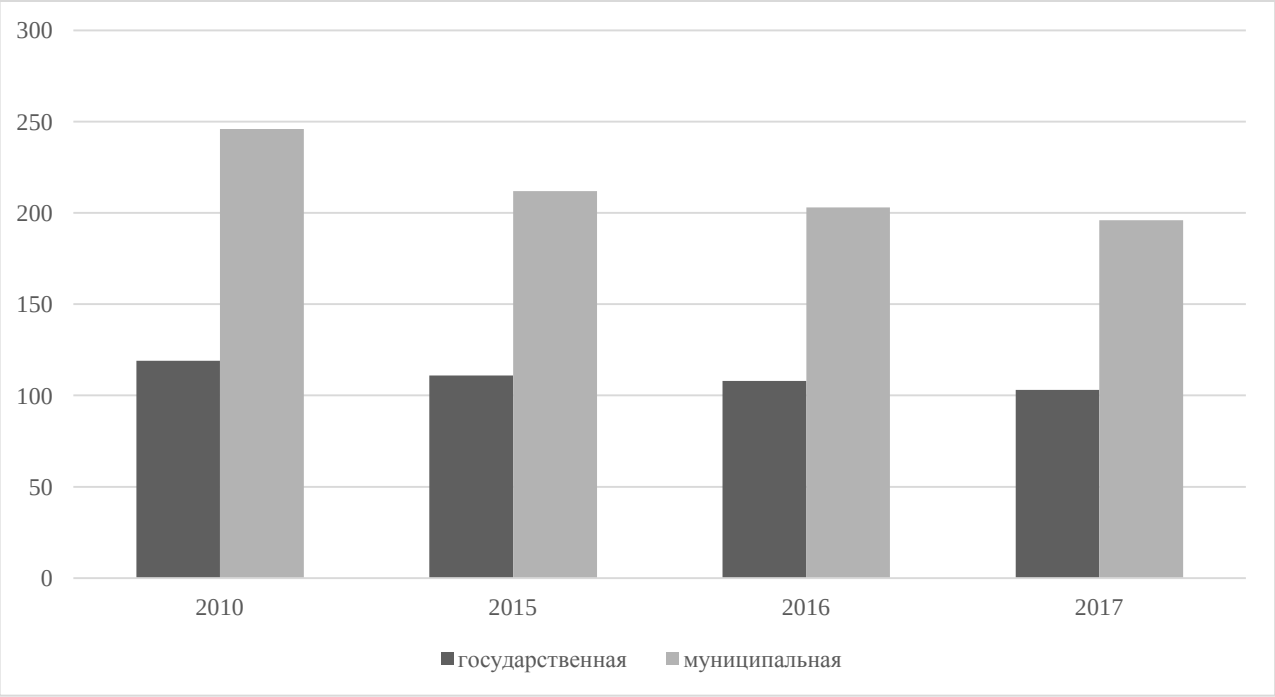


Рисунок 1 – Динамика количества государственных и муниципальных предприятий с 2010 по 2017 гг., тыс. штук

Составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики [4]

На большинстве железнодорожных рынков по всему миру была установлена конкурентная среда целью повышения производительности и эффективности. Конкуренция сама по себе может привести к снижению затрат для потребителей (с точки зрения тарифов на перевозку или цен на пассажирские билеты), а также к улучшению качества обслуживания.

В соответствии с Президента Указом Президента Российской Федерации от 21.12.2017 № 618 «Об основных направлениях государственной политики по развитию конкуренции» поставлена цель по сокращению участия государства в общем количестве хозяйствующих субъектов, которые осуществляют деятельность на товарных рынках [6].

Как было отмечено выше, железные дороги являются важнейшим элементом инфраструктуры высоких скоростей и в России, и в мире, а также в глобальных транспортных системах (международные транспортные коридоры). Обобщенная модель железнодорожной отрасли, существовавшая как доминирующая до 70-х годов прошлого столетия или традиционная железная дорога, включала следующие основные характеристики:

– стопроцентная государственная собственность;

– функционирование в качестве министерства (например, Министерство путей сообщения в РФ), департамента при министерстве или государственной организации, административно подчиненной этому министерству;

– осуществление пассажирских и грузовых перевозок в рамках единой структуры;

– наличие вертикально интегрированной системы управления железнодорожной инфраструктурой и осуществлением перевозок;

– наличие ряда видов деятельности, являющихся непрофильными для железной дороги.

Последнее десятилетие 20 века сформировало принципиально новые конструкционные элементы железнодорожной отрасли, а именно (рисунок 2):

Несмотря на то, что полная интеграция (там, где нет разделения между компанией-перевозчиком и определением справедливого недискриминационного доступа к инфраструктуре) в настоящее время запрещена законодательством ЕС, 20 из 26 европейских стран с развитой железнодорожной инфраструктурой имеют интегрированную или частично интегрированную структуру.

Часто заявляя о полном или частичном отделении инфраструктуры железнодорожного транспорта от перевозочной деятельности, железнодорожные администрации фактически остаются частично интегрированными, что свидетельствует о формальном подходе к требованию о независимости и нежелании практического применения разделения.

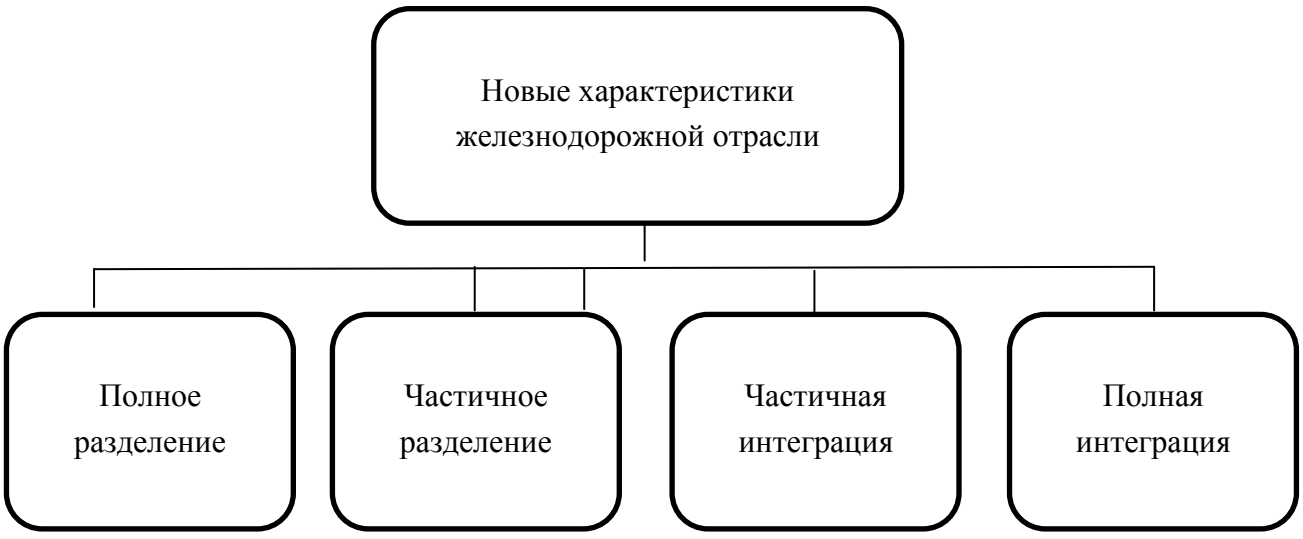


Рисунок 2 – Характеристики железнодорожной отрасли

Часто это объясняется тем, что железнодорожный транспорт, в особенности инфраструктура, требует координации. Несогласованность работы железнодорожной инфраструктуры и перевозки, как правило, приводит к дополнительным транзакционным издержкам. При этом следует учитывать, что уровень координации напрямую зависит от состояния железных дорог: железные дороги, требующие изменений (обновления, улучшения, расшире-

ния), будут иметь большую потребность в координации, чем железные дороги в стабильном состоянии (с невысокой потребностью в изменении состояния и топологии инфраструктуры).

Проблемы координации и согласованности перевозок смешанного типа (интермодальных и мультимодальных) в глобальных транспортных системах остаются важнейшими и это, в свою очередь, отражается на процессах приватизации железных дорог как общей тенденции.

Исследования показывают, что в государственном предприятии отражается высокая степень политизации железной дороги и слабый потенциал государственного управления при том, что бюджетная поддержка не является структурированной и прогнозируемой.

Компания с преимущественным государственным участием несет на себе те же проблемы, что и государственное предприятие, но в этом случае государство обладает высокой степенью готовности и способностью сформировать закрепленные контрактные механизмы поддержки и развития железнодорожной отрасли.

Частная компания способна вести рентабельную экономическую деятельность, но при этом государство должно согласиться на рыночные условия определения баланса цен и предлагаемых услуг.

Поиск оптимальной структуры организации железнодорожного транспорта нельзя считать завершенным. Формирование оптимальной модели структуры отрасли, а именно, эффективного сочетания государственной и частной собственности (казенное предприятие, государственная компания, частная компания), вписывающейся в новый технологический уклад и в глобальные транспортные системы, остается важнейшей задачей ее развития.

Анализ бизнес-модели железнодорожной отрасли не может быть закончен без исследования влияния проводимой в мире реструктуризации железнодорожных дорог на эффективность транспортного рынка и качество услуг железнодорожных перевозок с позиций роста конкурентоспособности отрасли появления в ней дестабилизирующей конкуренции транспортных организаций.

Согласно базовой экономической теории спроса и предложения, рост качества услуги по перевозке на транспортном рынке обеспечивается конкуренцией на нем. Конкуренция создает стимулы для обеспечения удовлетворения рыночных потребностей по наиболее низкой цене и побуждает внедрять новшества ради получения рыночных преимуществ.

Наиболее сильными аргументами в пользу конкуренции на транспортном рынке характеризуются железнодорожные грузоперевозки, приватизируемые в первую очередь в процессе реструктуризации железных дорог. Даже на некоторых малых рынках железнодорожных перевозок в отдельных странах Европы и штатах Австралии конкуренция в сфере железнодорожных грузоперевозок является значительной и эффективной.

Конкуренция в сфере железнодорожных грузоперевозок как последствие реструктуризации государственных железнодорожных компаний, присутствует приблизительно в тридцати странах мира и существует в рамках трех основных институциональных структур:

– конкуренция среди операторов вертикально-интегрированных железнодорожных маршрутов в соответствии с договорным правом доступа к железнодорожным путям в конкретных пунктах и частными соглашениями между железнодорожными компаниями (например, в США) [8];

– конкуренция операторов, имеющих обязательные, но ограниченные права доступа к инфраструктуре, определенные национальным законодательством. Такие права доступа, ограниченные определенными маршрутами и/или обстоятельствами, существуют в Канаде, Бразилии, Мексике и Российской Федерации (в части операторов грузовых вагонов) [9];

– онкуренция операторов на основе общих прав доступа, санкционированных политикой расширения доступа к государственным инфраструктурным сетям, как например, в странах Европейского Союза и в Австралии [10].

Эти три модели обеспечивают ряд эффективных инструментов, позволяющих независимым частным компаниям, осуществляющим эксплуатацию грузовых поездов, использовать национальные железнодорожные сети и обеспечивать операционную координацию в условиях наличия нескольких операторов.

В противоположность этому, конкуренция среди поставщиков услуг пассажирских железнодорожных перевозок встречается редко, в основном, в странах ЕС, и осуществляется в рамках трех сценариев:

– между национальным оператором перевозок на большие расстояния и оператором региональных перевозок на отдельных маршрутах (например, Междугородний экспресс (ICE) на железной дороге Германии или концессионеры на региональных маршрутах);

– между двумя операторами на параллельных или частично совпадающих маршрутах (например, 10-20 процентов рынка Великобритании);

– использование доступа к железнодорожным путям третьих сторон (несколько компаний в Великобритании; введение таких перевозок планируется между Кельном и Гамбургом, что составит конкуренцию Национальным железным дорогам Германии).

Таким образом, приватизации железных дорог в контексте трех конструкционных элементов – организационная форма бизнеса, дестабилизационная конкуренция и рациональность разделения являются основной в формировании новых бизнес-моделей транспортных организаций.

Список литературы

1. Ownership and Governance of State-Owned Enterprises: A Compendium of National Practices // OECD. 2018. URL: https://www.oecd.org/corporate/ca/Ownership-and-Governance-of-State-Owned-Enterprises-A-Compendium-of-National-Practices.pdf (дата обращения: 30.10.2019).

2. The Russian State’s Size and its Footprint: Have They Increased? // International Monetary Fund. 2019. URL: https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/03/09/The-Russian-States-Size-and-its-Footprint-Have-They-Increased-46662 (дата обращения: 30.10.2019).

3. Абрамов А., Аксёнов И., Радыгин А., Чернова М. Современные подходы к измерению государственного сектора: методология и эмпирика // Экономическая политика. 2018. № 1. С. 36-69.

4. Распределение предприятий и организаций по формам собственности // Федеральная служба государственной статистики. 2019. URL: https://gks.ru/bgd/regl/b18_13/IssWWW.exe/Stg/d02/15-02.doc (дата обращения: 30.10.2019).

5. Показатели для оценки эффективности управления государственным имуществом // Федеральная служба государственной статистики. URL: https://www.gks.ru/free_doc/new_site/ gosudar/pok_effect/pok_effect.html (дата обращения: 30.10.2019).

6. Указ Президента Российской Федерации от 21.12.2017 № 618 // Президент России. 2019. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/42622 (дата обращения: 30.10.2019).

7. Pollitt M.G., Smith A.S.J. The Restructuring and Privatisation of British rail: was it really that bad. FISCAL STUDIES. 2002. Vol. 23. № 4. P. 463-502.

8. Kole S.R., Mulherin J.H. The Government as a Shareholder:A Case from the United States. Journal of Law and Economics, XL. 1997.

9. Estache, A., Gonzalez M., Trujillo L. What does «Privatization» do for efficiency? Evidence from Argentina's and Brazil's railways. WORLD DEVELOPMENT. 2002. Vol. 30 № 11. P. 1885-1897.

10. Friebel G., Guriev S., Pittman R., Shevyakhova E., Tomova A. Railroad restructuring in Russia and Central and Eastern Europe: One solution for all problems? Transport Reviews. 2007. Vol. 27. № 3. P. 251-271. DOI: 10.1080/01441640600979502.

УДК 656.6

К ВОПРОСУ ОБ УВЕЛИЧЕНИИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПУНКТОВ ПРОПУСКА ЧЕРЕЗ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ГРАНИЦУ

Володин Алексей Борисович *– кандидат технических наук, директор Научно-образовательного центра морского и речного транспорта*
ФГАОУ ВО Российский университет транспорта (РУТ МИИТ)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы увеличения пропускной способности пунктов пропуска через государственную границу, функционирующих в пределах объектов транспортной инфраструктуры.

Автором предлагается использование перспективных технологий при организации и эксплуатации международных пунктов пропуска.

Ключевые слова: пункт пропуска, транспортная инфраструктура.

TO THE QUESTION OF INCREASING BANDWIDTH CHECKPOINTS THROUGH THE STATE BORDER

Volodin Aleksey B. – Ph.D., Director of the Scientific and Educational Center for Sea and River Transport
Russian University of Transport (MIIT)

Abstract. The article discusses the question of increasing bandwidth checkpoints through the state border operating within the objects of transport infrastructure.

The author proposes the use of promising technologies in the organization and operation of international checkpoints.

Keywords: checkpoint, transport infrastructure.

Экспертами Федеральной таможенной службы подсчитано, что 1 час простоя на государственной границе приносит убытки в размере 0,04 % от стоимости товара, а один день задержки товаров снижает объём экспорта страны на 1 %.

Простои в пунктах пропуска на государственной границе возникают вследствие влияния ряда следующих существенных факторов и ограничений на объекты контроля, которые способствуют сдерживанию скорости осуществления процедур оформления транспортных средств, грузов и товаров. К ним относятся:

– состояние транспортной инфраструктуры в пунктах пропуска и подъездах к ним;
– наличие современных технических средств контроля;
– административные регламенты и процедуры государственных контрольных органов.

В настоящее время характеристики трансграничной инфраструктуры, не позволяют в полной мере и эффективно решать задачи растущей экономики, в том числе задачи удовлетворения спроса инновационного сектора на высококачественные транспортно-логистические услуги, как этого требует Транспортная стратегия России до 2030 года. Недостаточные объемы реконструкции и строительства объектов трансграничной инфраструктуры привели к существенному ухудшению их технического состояния (возрастная структура, увеличение износа и пр.) и не обладают резервами пропускной способности [1]. Наибольшее отрицательное влияние недостаточная пропускная способность трансграничной инфраструктуры оказывает на развитие приграничных регионов Российской Федерации.

По оценкам экспертов, в настоящее время только 20 % пунктов пропуска соответствуют Единым типовым требованиям к оборудованию и материально-техническому оснащению через внешнюю границу государств – членов Таможенного союза, а 2/3 пунктов пропуска нуждаются в существенной реконструкции и модернизации [2].

Существующие темпы модернизации и развития пунктов пропуска и смежной инфраструктуры (дороги, мосты, терминалы, станции, пути пр.), а также планируемый уровень бюджетного финансового обеспечения не позволяют решить имеющиеся инфраструктурные ограничения в области пунктов пропуска даже в горизонте 2030 года. По меньшей мере, до 2030 года требуются инвестиции в объеме не менее 500 млрд. рублей на функционирующие пункты пропуска. В этой связи остро стоит проблема привлечения дополнительных инвестиций в развитие трансграничной инфраструктуры за счет внебюджетных средств и средств бюджетов субъектов Российской Федерации.

Проблемой остается совершенствование нормативно-правового обеспечения развития пунктов пропуска, включая создание нормативно-правовой базы, регулирующей вопросы повышения качества государственных услуг, нормирования и стандартизации обустройства и эксплуатации пунктов пропуска, развития механизмов государственно-частного партнерства, предусматривающих четкое законодательное распределение прав, ответственности и рисков между государством и инвестором, а также определения приоритетных сфер использования этих механизмов в области трансграничной инфраструктуры.

Применение современных технических средств контроля на границе способствует увеличению пропускной способности пунктов пропуска, а также снижению затрат федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных на осуществление контроля в пунктах пропуска. К перспективным технологиям можно отнести применение инспекционно-досмотровых комплексов, технологии RFID, автоматизированного паспортного контроля пассажиров, автоматизированных весо-габаритных комплексов и систем управления грузопассажиропотоками в пунктах пропусках и на подъездах к ним.

Инспекционно-досмотровые комплексы (ИДК) на основе линейных ускорителей электронов выполняют быстро и эффективно досмотр грузов, транспортных средств и контейнеров. Благодаря высокой проникающей способности ИДК, вскрытие контейнера не требуется. ИДК способен анализировать полученные изображения и предоставить оператору необходимые инструменты для эффективного обнаружения запрещенных предметов, оружия, взрывчатых и наркотических веществ, а также для проверки содержимого груза на соответствие товарно-сопроводительным документам.

Использование в ИДК клистронного линейного ускорителя электронов с дуплетной модуляцией энергии наряду с инновационным способом детектирования импульсного дуплета, а также со специальными алгоритмами обработки данных сканирования позволяет проводить достоверное распознавание не менее 4-х групп материалов по эффективному атомному номеру в широком диапазоне массовых толщин и осуществлять оценочное взвешивание груза.

Технологическое оборудование комплекса ИДК типа СТ-6035 имеет возможность работы в режиме глубокой проникающей способности (до 460 мм по стали) для участков объекта с пониженной скоростью сканирования с помощью переключения режимов работы комплекса. Дугообразная детекторная линейка комплекса СТ-6035 позволяет получать высококачественное радиоскопическое изображение объекта контроля с минимальными геометрическими искажениями [3].

ИДК эффективны к применению в морских, автомобильных и железнодорожных пунктах пропуска. Пропускная способность ИДК составляет до 25 транспортных средств (контейнеров) в час. В то время, как на досмотр одного контейнера «ручным способом» требуется порядка 4 часов. Железнодорожные ИДК позволяют осуществлять досмотр поезда с распознаванием материалов на скорости до 70 км. в час. Используя ИДК возможно строить распределенную систему контроля и безопасности, управляемую из единого центра, вне зависимости от удаленности пунктов досмотра друг от друга. Однако применение ИДК требует наличие свободных земельных участков, как для их размещения, так и для организации движения транспортных средств.

Применение RFID и автоматической системы идентификации транспортных средство и их владельцев, при условии наличия соответствующей транспортной инфраструктуры в

пункте пропуска (выделенные полосы движения), позволяет сократить время контрольных процедур до 10 секунд [4].

Применение автоматизированного паспортного контроля в пункте пропуска позволяет без участия оператора кабины паспортного контроля осуществить идентификацию личности пассажира и избежать очередей на посадку/высадку пассажиров в международном сообщении, а также сократить время пропуска одного пассажира до 10 секунд.

Автоматизации процессов взвешивания транспортных средств (статического и в движении), поосного взвешивания в движении транспортного средства, определения габаритных характеристик (длина, высота и ширина) грузового ТС и контроля за последовательностью прохождения грузовыми транспортными средствами мест таможенного контроля, досмотра и оформления в автомобильных пунктах пропуска также позволят сократить временные затраты на пропуск грузового автотранспорта через государственную границу [5].

Существенным образом расшить существующие проблемы пунктов пропуска и предложить новый уровень сервиса во внешней торговле и международных перевозках позволит внедрение системы «единого окна», как механизма, который позволяет сторонам, участвующим в торговых и транспортных операциях, представлять стандартизованную информацию и документы с использованием единого пропускного канала в целях выполнения всех регулирующих требований, касающихся импорта, экспорта и транзита [6-9].

Вместе с тем, технология работы пункта пропуска увязана с административными регламентами государственных контрольных органов и непосредственно выражается в планировке и архитектуре пункта пропуска, его техническом оснащении, а также влияет на стоимость строительства и эксплуатации. В частности, действующие в настоящее время нормы времени на паспортный контроль 1 пассажира составляют до 3-х минут на человека, хотя фактическое время паспортного контроля составляет не более 1 минуты. Внедрение автоматизированного пограничного и таможенного контроля в пунктах пропуска позволит сократить расчетную норму времени на оформление 1 пассажира до 1 минуты.

В связи с вышеизложенным, в целях увеличения пропускной способности пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации целесообразным представляется комплексное применение указанных выше технологий в пунктах пропуска с одновременной модернизацией смежной транспортной инфраструктуры и пересмотром нормативной правой базы, включая административные регламенты федеральных органов исполнительной власти.

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года / Расп. № 1032-р от 11.06.2014. – М.: 2014.

2. Володин А.Б. Пункты пропуска через государственную границу. Проблемы и пути их решения // Мир транспорта. 2019. Т. 1, № 3. С. 170-177.

3. Симочко С.В. Инспекционно-досмотровые комплексы в пунктах пропуска через государственную границу: настоящее и будущее// Российское пограничье: социально-политические и инфраструктурные проблемы. – М., 2016. С. 167-169.

4. Володин А.Б. Применение перспективных технологий в пунктах пропуска через государственную границу при организации международных перевозок грузов и пассажиров // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 70-73.

5. Слобожанов В.Н. Электронный автомобильный пункт пропуска: создание интегрированной системы управления // Российское пограничье: социально-политические и инфраструктурные проблемы. – М.: 2016. С. 170-173.

6. Володин А.Б. Концепции и направления развития автоматизированной информационной системы «единое окно» // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 190-197.

7. Бормотова Е.Г. Липатова Н.Г. Шипилов Д.Б. Таможенный контроль в морском пункте пропуска с использование механизма «Единого окна» // Вестник Российской таможенной академии. – М.: 2015. № 2 (31). С. 75-80.

8. Коростелев В.Ю. Реализация механизма «Единого окна» – необходимое условие конкурентоспособности российских портов // Транспорт Российской Федерации. – СПб.: 2010. № 2 (27). С. 42-44.

9. Создание механизма «единого окна» // Рекомендация Европейской экономической комиссии ООН № 33. – Женева. 2005.

УДК 656.078.1

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭТАПА ЭКСПЛУАТАЦИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Зайцев Евгений Николаевич *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации и управления в транспортных системах*

Коникова Елена Викторовна *– кандидат технических наук, доцент кафедры аэропортов и авиаперевозок*

Тецлав Илья Александрович *– старший преподаватель кафедры аэропортов и авиаперевозок*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы цифровизации самолета на всех этапах жизненного цикла: разработка, производство, испытание, эксплуатация в соответствии с требованиями четвертой промышленной революции (Industry 4.0) с использованием системы управления жизненным циклом самолета Product Lifecycle Management (PLM), которая обеспечивает целостность и соответствие цифрового описания самолета на всех этапах с учетом влияния новых.

Рассмотрен опыт использования цифровых двойников самолетов авиастроительными корпорациями Airbus и Boeing и отечественными корпорациями «Гражданские самолёты Сухого» и «Иркут» на этапах цифрового проектирования, производства и на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: Четвертая промышленная революция, цифровизация жизненного цикла самолета, цифровой макет воздушного судна

INTEGRATED FLIGHT SAFETY SYSTEM IN THE AVIATION TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM

Zaitsev Evgeniy N.- Doctor of Sciences (Tech.), Professor, Professor of Department of Organization and management of transport systems

Konikova Elena V. – Ph.D.(Tech.), Associate Professor, Docent of the Department of «Airports and air transport»

Teclav Ilya A. – Senior Lecture, Department of Airports and air transport

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation

Abstract. The article discusses issues of aircraft digitalization at all stages of the life cycle: development, production, testing, operation in accordance with the requirements of the fourth industrial revolution (Industry 4.0) using the Product Lifecycle Management (PLM) aircraft life cycle management system, which ensures digital integrity and compliance aircraft descriptions at all stages, taking into account the influence of new ones.

The experience of using digital doubles of aircraft by the aircraft manufacturing corporations Airbus and Boeing and the domestic corporations «Sukhoi Civil Aircraft» and «Irkut» at the stages of digital design, production and operation is considered.

Keyword: Industry 4.0, digitalization of the aircraft life cycle, digital aircraft layout.

Все новейшие достижения науки, техники, электроники первым делом идут в авиацию и оборонную промышленность, а потом уже и в гражданское пользование. Динамику развития авиации отражают индустриальные и информационные революции, происходящие в мире.

Первая индустриальная революция (ИР) началась с механизации производства и применения различных видов энергии, появления паровых двигателей и создания транспорта на паровой тяге. Однако для авиации этот этап не дал практических результатов. Самолет с паровой винтомоторной установкой А.Ф. Можайского потерпел аварию.

Вторая ИР началась с использования электричества и двигателей внутреннего сгорания. Авиация на втором этапе в 1903 году получила первый управляемый и устойчивый в полете летательный аппарат. Братья Райт, создали аэроплан «Флайер» с двигателем внутреннего сгорания, который оторвался от земли при массе 338 кг и за 59 секунд пролетел 260 метров с ручным управлением.

Через 10 лет в 1913 году созданы первые в мире четырехмоторные самолеты «Русский витязь» и «Илья Муромец». Самолеты разработаны и испытаны 24 летним российским авиаконструктором И.И. Сикорским (1889-1972), построены в Санкт-Петербурге и испытаны на Корпусном аэродроме (парк «Авиаторов», Московский район Санкт-Петербурга). Через 30 лет построен восьмимоторный самолет АНТ-20 «Максим Горький»

Третья ИР характеризуется автоматизацией производственных процессов на основе широкого использования электроники, информационных и коммуникационных технологий, а также автоматизированных транспортных систем (наземных, воздушных, морских, космических).

Основой наступившей четвертой ИР становится широкое использование элементов промышленного искусственного интеллекта и когнитивных информационно-управляющих системы. Когнитивные индустриальные информационно-управляющие системы призваны обеспечить сетевую интеграцию встроенных информационных структур и элементов искусственного интеллекта в объекты, материалы и машины, а также системы логистики, координации и управления процессами и их совместное сетевое взаимодействие [1,2].

Авиация четвертой ИР ориентируется на революционные изменения в бортовом оборудовании. Это связано, прежде всего, с развитием радиоэлектроники и инновационных процессов в информационных системах. Термин «авионика» появился на Западе в начале 1970. В 1970 году СССР вступил в члены Международной организации гражданской авиации (ИКАО, ICAO).

Через 70 лет (после братьев Райт) взлетел свехзвуковой самолет Ту-144С. В начале 80-х годов воздушно-космический самолет «Буран» взлетел самостоятельно, вышел на орбиту, сделал два оборота вокруг земли и благополучно приземлился. После 2000-го года созданы и вошли в эксплуатацию Airbus A-380, Airbus A-350, Sukhoi Super Jet SSJ-100, Иркут МС-21-300.

Создание цифрового самолета на этапах цифрового проектирования и цифрового производства, необходима и цифровая эксплуатация, как цифровой комплекс управления взаимодействием на всех этапах жизненного цикла воздушного судна в соответствии с концепцией PLM. PLM-система объединяет методики и средства информационной поддержки изделий на протяжении всех этапов их жизненного цикла.

Цифровой макет (цифровой двойник) самолета должен полностью соответствовать реальному самолету, его технической конструкции. Они должны быть связаны между собой потоком информации, обеспечивающим их полное соответствие.

В цифровое описание самолета входят две основные информационные системы, которые взаимодействуют между собой и функционируют как единое целое: система управления

жизненным циклом документов (комплексной информацией об изделии) PDM (Product Data Management) и система управления жизненным циклом самолета PLM (Product Lifecycle Management). Одна из главных функций PDM – взаимодействие между пользователями. Имея доступ в систему можно обращаться к любой информации на всех стадиях разработки и реализации изделия.

PDM и PLM обеспечивают целостность и соответствие цифрового описания самолета на всех этапах его жизненного цикла с учетом влияния новых условий на каждом этапе. На цифровом макете можно моделировать поведение сложных систем в режиме реального времени эксплуатации самолета, предсказывать и предотвращать возможные отказы.

Авиастроительная компания AIRBUS (Франция, Германия, Великобритания, Испания) образована в конце 1960-х годов. Первый самолет Airbus A300 создавался в 1969 г традиционно, последовательно по этапам жизненного цикла, полностью по бумажным чертежам. Системы автоматизированного проектирования начали использоваться в 1980-х при разработке A320.

В середине 1990-х в ходе работ Airbus над программой A330/A340 началось создание первых цифровых макетов (Digital Mock-Up, DMU), а в ходе работ над A340-500/600 был осуществлен переход к параллельному проектированию и реализована программа Airbus Concurrent Engineering (ACE) [2].

Параллельное проектирование заключается во внедрении системы управления жизненным циклом изделия PLM. В результате создается полноценный цифровой макет изделия (DMU) и появляется возможность вести процессы подготовки производства параллельно с процессами проектирования. Это позволяет сократить время от начала программы до начала производства и коммерческой эксплуатации самолета. Однако между разработчиками и производственниками все еще нет полного взаимодействия, как требует PLM.

Следующим шагом Airbus стал переход к сотрудничеству при проектировании (Collaborative Engineering), полностью реализованный в новейшей программе Airbus A350XWB (Extra Wide Body – сверхширокий фюзеляж). Использование системы PLM нового поколения позволяет создать промышленный цифровой макет (industrial DMU, iDMU). iDMU в цифровом виде содержит как сам продукт, так и технологию его производства. Естественным дополнением к промышленному цифровому макету iDMU становится описание изделия на протяжении его жизненного цикла.

Американская корпорация BOEING производитель авиационной, космической и военной техники перешла к цифровому производству в середине 1990-х гг. при создании самолета Boeing 777. Вся проектная и конструкторская документация была выполнена в электронном виде. Концепция цифрового макета была реализована в ходе программы создания Boeing 787 (начало эксплуатации 2011 год) с ориентацией на единую PLM-платформу компании Dassault Systemes.

В программе 787 компания Boeing перешла от традиционного проектирования к сотрудничеству при проектировании, к тесному взаимодействию с партнерами на единой PLM-платформе. Переход на цифровой макет позволил сократить время создания самолета, например, за счет использования виртуальных испытательных полетов. За четыре недели проанализировали более 50 различных конфигураций и выбрали наилучшую. При традиционном подходе и реальных испытаниях самолета эта работа заняла бы несколько месяцев. В целом экономия расходов Boeing за счет использования цифрового макета оценивается на уровне 20-25%, то есть в диапазоне 2–3 млрд долл. [2].

Публичное акционерное общество «Объединенная авиастроительная корпорация» (ПАО «ОАК») создана (2006г.) с целью сохранения и развития научно-производственного потенциала авиастроительного комплекса РФ. Основные направления деятельности компаний ПАО «ОАК» являются: разработка, производство, реализация, сопровождение эксплуатации, гарантийное и сервисное обслуживание, модернизация, ремонт и утилизация авиационной техники гражданского и военного назначения. Гражданская авиация: Ан-148, Ил-96-300, Ту-204СМ, Ту-214, а также новые – SSJ-100, МС-21.

Компания «Гражданские самолёты Сухого». Ближнемагистральный пассажирский самолёт Sukhoi Superjet 100 (SSJ-100, Сухой Суперджет 100) разработан при участии ряда иностранных компаний (США, Германии, Франции, Великобритании и Швейцарии).

Самолет SSJ-100 впервые в России разрабатывался по технологии PLM. Традиционное проектирование самолета требует сотен тысяч чертежей и документов. Использование при проектировании современных цифровых технологий позволяет сократить процесс с 7-8 до 3-4 лет и повысить технологичность выпуска. Все оцифрованные детали, узлы и агрегаты взаимосвязаны и взаимодействуют между собой. Эта модель позволяет также проводить виртуальные испытания самолета с тем, чтобы заранее устранять в 3D проекте инженерные недостатки. После обработки 3D-чертежи передаются для производства деталей на станках с числовым программным управлением.

Российская авиастроительная корпорация «Корпорация «Иркут»». Освоение и развитие цифровых технологий в корпорации «Иркут» началось при производстве военной техники. Параллельно цифровые технологии внедрялись на Иркутском авиационном заводе в результате международной промышленной кооперации с объединенным европейским авиастроителем Airbus.

Самолёт Иркут МС-21 («Магистральный самолёт XXI века») имеет большее, по сравнению с SSJ-100, количество российских комплектующих: 80% против 60% [2].

Полученный опыт при разработке самолета SSJ-100 и позволил развить такой подход при внедрении цифрового описания МС-21 на всех стадиях жизненного цикла изделия от технического задания к этапам аванпроекта и эскизного проекта создан компоновочный макет и переход к детализированному макету, отказ от цифровых чертежей в пользу электронных моделей, которые передаются на производство для создания технологических макетов, по которым выпускаются готовые изделия.

Цифровой макет предназначался для замены деревянного макета при первичной увязке конструкции. Цифровое описание самолетов МС-21 требует постоянного обмена информацией между всеми участниками программы: разработчиком, изготовителем, партнерами по производственной кооперации, эксплуатантами и организациями по техническому обслуживанию и ремонту.

Цифровое описание МС-21 стало основой для разработки методики его технического обслуживания при эксплуатации еще на этапе проектирования самолета. Для всех агрегатов формируется трехмерная геометрия конструкции и изучается эргономика доступа обслуживающего персонала для операций по ремонту, монтажу и т.д. Эти процедуры дорабатываются в ходе испытаний первых самолетов МС-21, формируется интерактивная эксплуатационная документация, чтобы к моменту начала коммерческой эксплуатации самолет получил руководство по техническому обслуживанию.

Специалисты корпорации «Иркут» работают над расширением функциональных возможностей электронного макета с учетом тенденций развития «Индустрии 4.0». Исследуются возможности использование цифрового двойника самолета для получения характеристик реальных изделий, находящихся в эксплуатации. Следующим этапом развития цифровых двойников у всех самолетостроителей станет измерение и передача динамических характеристик реального самолета в процессе его эксплуатации, их моделирование на цифровом макете и прогнозирование поведения реального самолета. Реальная эксплуатация цифровых двойников еще не началась, но в этом направлении работают ведущие зарубежные авиастроители, определенных результатов достигли Airbus и Boeing. Корпорация работает над реализацией этого подхода в программе МС-21 [2].

Необходимо не просто отслеживать отказы авиационной техники, а вести постоянный мониторинг реального состояния всех систем самолета, анализировать их наработку и возможные проблемы. Кроме того, требуется развитие инфраструктуры для оперативной обработки всего объема информации и передачи цифровому двойнику с использованием современных систем PLM.

В работах [3-10], предложен подход к исследованию авиатранспортного производства, в котором возникает множество проблем при взаимодействии авиакомпании, служб аэропорта и системы УВД.

Интеллектуализация производственных процессов на этапах жизненного цикла воздушных судов позволяет отслеживать и обрабатывать изменения параметров различных систем с использованием глобальной навигационной системы ГЛОНАСС/GPS и современных инфотелекоммуникационных технологий.

Формирование и использование цифровых двойников воздушных судов, является базой в интеллектуальной системе авиационного производства, поэтому цифровизация технологических процессов при проектировании, на этапах производства и в процессе эксплуатации воздушных судов является приоритетной задачей для эффективной эксплуатации.

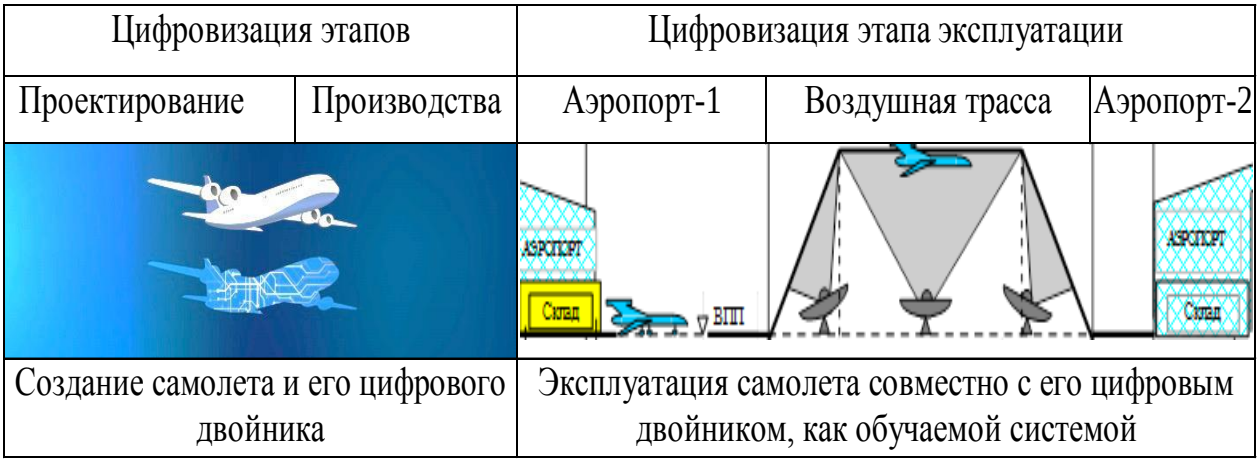


Рисунок – Единая интеллектуальная система жизненного цикла самолета

Интеллектуализация управления движением самолета по перрону, взлетно-посадочной полосе, взлётом, полетом по маршруту, посадкой и рулением по аэродрому посадки определяет необходимость интеграции систем диспетчеризации служб аэропорта, авиакомпании и организации воздушного движения (ОрВД).

Использование в производственных процессах современных средств автоматизации, адаптивных систем, навигационных систем, детекторов, гироскопических систем, лазерных средств считывания информации, дает возможность контролировать изменения свойств средств производства и регулировать состояние потоков в авиационной системе и повышать уровень безопасности.

Новые требования к интеллектуализации аэропортовых комплексов, систем УВД и служб авиакомпаний, представляющих единую авиационную систему, определяют дальнейшие направления исследования с учётом возмущающих факторов на всех этапах и операциях рассматриваемой системы.

Интеллектуализация управления в авиапроизводстве требуется при безопасном взаимодействии спецтранспорта в аэропорту при обслуживании на складе, движении по аэродрому и погрузке груза в самолет. Интеллектуальная система грузового терминала в аэропорту включает в себя средства автоматизации при выполнении погрузо-разгрузочных работ, размещении груза на складе и транспортировки груза на борт ВС позволяющая сократить время при взаимодействии автомобильного и авиационного транспорта через грузовой терминал.

Единая интеллектуальная авиатранспортно-логистическая система (АТЛС) состоит из:

ИС склада. «Интеллектуальный склад» представляет собой полностью роботизированную технологию хранения грузов, с минимальным участием человека (система управления складом WMS).

ИС авиатранспортно-логистического узла 1 (АТЛУ-1) – аэропорт вылета. Интеллектуальное управление при обслуживании на складе, при взаимодействии спецтранспорта в аэропорту, движении по аэродрому и погрузке в самолет.

ИС взаимодействия ВС, УВД и ГЛОНАСС. Система интеллектуального управления движением самолета по перрону, взлетно-посадочной полосе, взлётом, полетом по маршруту, посадкой и рулением по аэродрому посадки.

ИС АТЛУ-2 – аэропорт прилета. Интеллектуальное управление при взаимодействии ВС в аэропорту при разгрузке и доставке на склад автомобильным транспортом.

ИС склада. Система интеллектуального управления складом и автоматизации складских операций, пополнения запасов на складе потребителя (покупателя).

Грузовые терминалы, сеть аэропортовых предприятий, хендлинговые компании, авиакомпании и система организации воздушного движения должны взаимодействовать на принципах непрерывности логистических потоков, что определяет повышение уровня регулярности полётов, снижение себестоимости производства транспортной продукции и увеличение грузопассажирского потока.

Заключение

Основа четвертой промышленной революции (Industry 4.0) в авиации – это цифровизация всех этапах жизненного цикла самолета: разработка, производство, испытание, эксплуатация и утилизации в соответствии с требованиями и использованием системы управления жизненным циклом самолета Product Lifecycle Management (PLM). Система обеспечивает целостность и соответствие цифрового описания самолета на всех этапах жизненного цикла с учетом влияния новых условий на каждом этапе.

Рассмотрены вопросы существующего состояния и перспектив развития интеллектуальных систем в авиатранспортной промышленности зарубежных и отечественных производителей. Проведен сравнительный анализ цифровизации этапов проектирования и производства с использованием цифровых макетов самолетов авиастроительными корпорациями Airbus (самолет А350) и Boeing (самолет В787) и отечественными корпорациями «Гражданские самолёты Сухого» (самолет SSJ-100) и «Иркут» (самолет МС-21) с учетом современных требований промышленной революции к авиационной системе, как на этапах проектирования и производства самолета, так и на этапе эксплуатации с использованием цифровых двойников в авиационном производстве.

Список литературы

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р).

2. Синицкий А. Жизнь в «цифре» // АТО Авиатранспортное обозрение. 2017. № 185 (www.ATO.ru). С. 48-53.

3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.052-2006 Единая система конструкторской документации Электронная модель изделия.

4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.051-2006 Единая система конструкторской документации. Электронные документы.

5. Зайцев Е.Н., Коникова Е.В., Тецлав И.А., Шайдуров И.Г. Методологический подход к исследованию авиационного транспортно-логистического узла // Бюллетень результатов научных исследований. – СПб.: ПГУПС. 2018. № 1. С. 94-110.

6. Зайцев Е.Н., Коникова Е.В., Тецлав И.А., Шайдуров И.Г. Комплекс взаимодействия систем «Аэропорт – Авиакомпания – УВД» в системе смешанных перевозок // Вестник Санкт-Петербургского университета гражданской авиации. Под ред. М.Ю. Смурова. – СПб.: СПбГУ ГА. 2016. С. 101-117.

7. Иванов А.Ю., Комашинский В.И., Малыгин И.Г. Мобильные распределенные базы данных интеллектуальной мультимодальной транспортной системы: монография. – СПб.: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2017. – 166 с.

8. Малыгин И. Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Комиссаров С.А., Сорокин К.Н. Сети, информация и знания – основные драйверы четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информация и космос. 2016. № 1. С. 14-25.

9. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 482-490.

10. Михов О.М., Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли. стратегический подход // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. СПб: ИПТ РАН. 2018. С. 352-358.

УДК 656.02

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Лебедева Ольга Анатольевна *– кандидат технических наук, доцент*
ФГБОУ ВО Ангарский государственный технический университет

Аннотация. Интеллектуальная транспортная система позволяет повысить эффективность процесса транспортировки грузов. Исследование транспортно информационно-коммуникационных технологий и интеллектуальных транспортных систем показало, что возможно выделить девять вариантов грузовых интеллектуальных транспортных систем. Стоит обратить внимание на виды транспортной информации, на которых основаны грузовые перевозки. Результаты показывают, что системы: определения местоположения транспортных средств и мониторинга состояния поддерживают и используют больше типов транспортной информации по сравнению с другими современными средствами.

Ключевые слова: показатели эффективности, интеллектуальная транспортная система, грузовые перевозки, интеллектуальное управление процессом перевозок, виды информации.

EFFECTIVENESS INCREASE TRANSPORT NETWORK BY MEANS OF MODERN MONITORING METHODS OF PASSENGER TRAFFIC

Lebedeva Olga A. – Ph.D., Associate Professor
Angarsk State Technical University

Abstract. Intelligent Transport System can improve the efficiency of the process of transporting goods. The study of transport information and communication technologies and intelligent transport systems showed that it is possible to distinguish nine options for freight Intelligent Transport System. It is worth paying attention to the types of transport information on which freight transportation is based. The results show that the systems: vehicle positioning and condition monitoring support and use more types of transport information compared to other modern means.

Keywords: performance indicators, intelligent transportation system, freight transportation, intelligent management of the transportation process, types of information.

Оценка эффективности транспортных систем фокусируется на экономическом, социальном и экологическом воздействии [1]. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) требуют четко определенных критериев анализа, охватывающих эти воздействия. Определены три аспекта эффективности грузовых ИТС для цепочки поставок – это эффективность и

результативность, безопасность и защита окружающей среды [2-7]. Рассмотрим каждое из них подробнее.

– производительность – это эффективность и результативность, которая связана с применением ИТС к транспортным показателям, включая транспортные средства, инфраструктуру и кадровые ресурсы, для оптимального удовлетворения потребностей в перевозках. Повышение эффективность и результативность перевозок, приводят к сокращению времени в пути грузовых автомобилей;

– безопасность и защита – связана с применением грузовых ИТС для защиты перевозимых грузов и пассажиров. Безопасность и защита являются социальными аспектами транспортировки;

– экологические показатели – связаны с уменьшением негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

Учитывая масштабы эмпирических исследований грузовых перевозок, определяются виды транспортной информации, поддерживаемые ИТС.

Типы информации используемые в грузовой ИТС:

1. О транспортных потоках и инфраструктуре – позволяет моделировать движение транспортных потоков и эффективно использовать улично-дорожную сеть. Информация относительно состояния улично-дорожной сети (например, качества дороги или временного строительства), типов транспортных средств, которые могут использовать улично-дорожную сеть для проезда, ограничения, транспортные заторы, дорожно-транспортные происшествия.

2. О транспортном средстве и местонахождении груза – отслеживание и контроль за местонахождением груза в транспортной сети, уведомление о прибытии груза, информация о погрузке, разгрузке и отправке груза, местоположение и техническое состояние транспортных средств, а также расположение груза на складах, терминалах, портах.

3. Об условиях перевозки – физические характеристики груза, в том числе условия хранения в складских помещениях.

4. О сети – информация в реальном времени об уровне температуры, давления, влажности или уровне освещения в процессе транспортировки.

5. О позиционировании груза – информация о размещении и хранении груза. Наличие такой информации имеет значение для надежности и эффективности проведения операций по складированию и обработке грузов.

6. Складские операции и информация об инвентаризации – количество грузов на складах, перечень заказов, время погрузки и разгрузки. Точность количества и типов грузов, хранящихся на складах, является важным параметром для этого типа информации.

7. Информация о грузе – информация о типах груза: моделях, классах, размерах, цветах, весах, цене, идентификационном номере используется для управления транспортными ресурсами.

8. Идентификационная информация транспортного средства – тип и класс транспортных средств, их регистрационные номера и другие идентификационные данные. Информация используется для управления транспортными ресурсами и контроля безопасности транспортных операций.

Поддержка информации – это подготовка, обмен данными между отправителями и грузополучателями сети, а также повышение качества данных, таких как точность, своевременность и скорость передачи.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице. В ней приведены типы информации, поддерживаемые функции и аспекты эффективности.

Список интеллектуальных транспортных систем показывает, что системы определения местоположения транспортных средств и мониторинга состояния поддерживают больше типов транспортной информации и все три функции транспортировки. Системы контроля местоположения грузов и контроля состояния грузов также поддерживают множество типов транспортной информации. Проведенные эмпирические исследования, показывают интерес среди перевозчиков к системам контроля местоположения грузов для отслеживания перемещения грузов по всей цепочке поставок.

Среди грузовых ИТС, включенных в список, системы контроля и управления поведением вождения, системы бронирования места доставки и система предотвращения столкновений поддерживают наименьшее количество видов транспортной информации.

Сравнение различных типов транспортной информации в таблице показывает, что информация о транспортном потоке и инфраструктуре является используемой или поддерживаемой наибольшее количество грузовых ИТС. Сравнение транспортных функций показывает, что управление транспортными ресурсами и управление портами и терминалами поддерживается большим числом грузовых ИТС.

Таблица – Сравнение грузовых ИТС по функциональному содержанию [2-4]

Грузовые интеллектуальные системы	Типы транспортной информации							Поддерживаемые функции			Аспекты эффективности		
	Информация о транспортном потоке	О транспортном средстве	Информация о состоянии груза	Информация о позиционировании груза	Складские операции	Информация о грузе	Информация о личном транспорте	Управление транспортными ресурсами	Управление терминалами	Отслеживание грузов и транспортных средств	Эффективность и результативность	Безопасность и охрана	Экологические показатели
контроля и управления движением	+						+	+	+		+	+	+
«взвешивания»	+					+	+				+	+	+
бронирования места доставки		+					+	+	+		+		+
контроля местоположения и состояния транспортных средств	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	
планирования маршрутов	+	+				+					+		+
контроля и управления вождением	+						+	+				+	+
предотвращения столкновений	+											+	
контроля местоположения груза		+		+	+	+			+	+	+	+	+
контроля состояния груза			+	+	+	+			+	+	+	+	+
	6	4	2	2	2	4	5	5	5	3	7	7	7

Интересным моментом является влияние грузовых перевозок на экологические аспекты логистики и перевозок. Эмпирические исследования указывают на растущий интерес среди производителей, государственных органов, перевозчиков и других заинтересованных сторон в транспортной сети в создании более экологически чистых транспортных операций [8, 9].

Внедрение и эффективное комплексное применение грузовых ИТС в организационной среде является сложной практической задачей, как с точки зрения покупки системного оборудования и программного обеспечения, так и с отсутствием стандартизированных методов и процессов обмена информацией.

Список литературы

1. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Моделирование грузовых перевозок в транспортной сети // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2016. № 10. С. 182-184.

2. Chan X., Lau Y., Ng J.M.J. «Critical evaluation of ERP implementation on firm performance: A case study of AT&T» // International Journal of Logistics Systems and Management, 2012. Vol. 12 No. 1. P. 52-69.

3. Mirzabeiki V., Sjöholm P. «Sharing tracking and tracing data to improve operations of supply chain actors» // International Journal of Logistics Systems and Management. 2012. Vol. 13, No. 1. P. 81-95.

4. Wootton J.R., Garcia-Ortiz A., Amin S.M. «Intelligent transportation systems, a global perspective» // Mathematical Computer Modelling. 1995. Vol. 22, No. 4-7. P. 259-268.

5. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Развитие городских грузовых систем с учетом концепции городского планирования // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2016. Т. 1, № 1. С. 244-247.

6. Полтавская Ю.О. Развитие интеллектуальных транспортных систем с целью повышения функционирования транспортной сети // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2019. Т. 1. С. 202-203.

7. Лебедева О.А., Полтавская Ю.О., Гаммаева З.Н., Кондратенко Т.В. Транспортная инфраструктура как основополагающий фактор эффективного функционирования экономики страны // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2018. Т. 1, № 15. С. 125-130.

8. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Комиссаров С.А., Сорокин К.Н. // Сети, информация и знания – основные драйверы четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информация и космос. 2016. № 1. С. 14-25.

9. Черных А.К. Вопросы использования геоинформационных систем на транспорте. Стратегические приоритеты развития транспорта в России // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С.43-47.

УДК 656.1

КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ИМИТАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УЗЛОВ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Мамаев Энвер Агапашаевич *– доктор технических наук, заведующий кафедрой логистики и управления транспортными системами*

Хашев Аскер Измудинович *– аспирант кафедры логистики и управления транспортными системами*

ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Рассматриваются методы транспортного моделирования узлов транспортной сети. Описываются достоинства и недостатки методов транспортного моделирования. В программе PTV Vissim была построена имитационная модель железнодорожно-автомобильного пересечения. Проведен анализ и комбинированная имитационно-аналитическая методика расчетов характеристик движения в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения.

Ключевые слова: имитационная модель, аналитическое моделирование, комбинированное моделирование, узел транспортной сети, транспортный поток, железнодорожно-автомобильное пересечение, потери времени.

COMBINED METHODS OF SIMULATION AND ANALYTICAL MODELING OF TRANSPORT NETWORK NODES

Mamaev Enver A. – Doctor of Technical Sciences, Head of Chair Logistics and management of transport system

Khashev Asker I. – Graduate student of Chair Logistics and management of transport system

Rostov State Transport University

Abstract. The methods of transport modeling of transport network nodes are considered. The advantages and disadvantages of transport modeling methods are described. In the PTV Vissim program, a simulation model of a rail-road intersection was built. The analysis and the combined simulation and analytical methodology for calculating the characteristics of movement in the area of the railway-automobile intersection are carried out.

Keywords: simulation model, analytical modeling, combined modeling, transport network node, traffic flow, railway-automobile intersection, time losses.

Рост количества транспортных средств на улично-дорожной сети (УДС) городов формулирует проблемы в организации и управлении дорожным движением, что приводит к появлению «узких» мест и увеличению нагрузки на УДС при их невысоких пропускных способностях [1]. «Узкие» места чаще всего возникают в узлах транспортной сети (УТС). Под УТС подразумевается элемент УДС, где пересекаются разные виды транспорта на одном уровне. В городской транспортной системе УТС чаще всего является пересечением железнодорожного и автомобильного транспорта.

Исследование и решение проблем организации движения в УТС требуют проведения ряда мероприятий и экспериментов, которые являются технически сложными, ресурсоемкими и продолжительными. Поиск эффективных и низкозатратных методов решения задач в этих условиях представляет высокую актуальность. Не вызывает сомнений обоснованность использования методов моделирования, которые позволяют проводить «экспериментальные» исследования эффективности проектов и предложений без вмешательства в процесс дорожного движения. Методы моделирования УТС можно разделить на аналитические, имитационные и комбинированные (рисунок 1) [1].

Аналитическое моделирование. Под аналитическим моделированием понимается построение модели на основе аналитических вычислений, с помощью аналитических функций (формул и уравнений), параметров функционирования УТС. В таблице 1 и на рисунке 2 приводятся аналитические зависимости для определения основных параметров (потерь времени) при организации дорожного движения на железнодорожно-автомобильном пересечении [2].

Недостатком данного метода считается то, что входные параметры (скорость потока, интенсивность, пропускная способность, время закрытия переезда) задаются численно в результате наблюдения и берутся усредненные показатели (за определенный период). Полученные аналитические решения носят приближенный усредненный характер и не учитывают все особенности УТС. Представляет определенную сложность и проверка адекватности модели, которая требует проведения экспериментов с указанными в модели параметрами.

С другой стороны, достоинствами аналитического моделирования являются универсальность, т.е. возможность применения модели и на других УТС, а также простота и оперативность проведения расчетов.

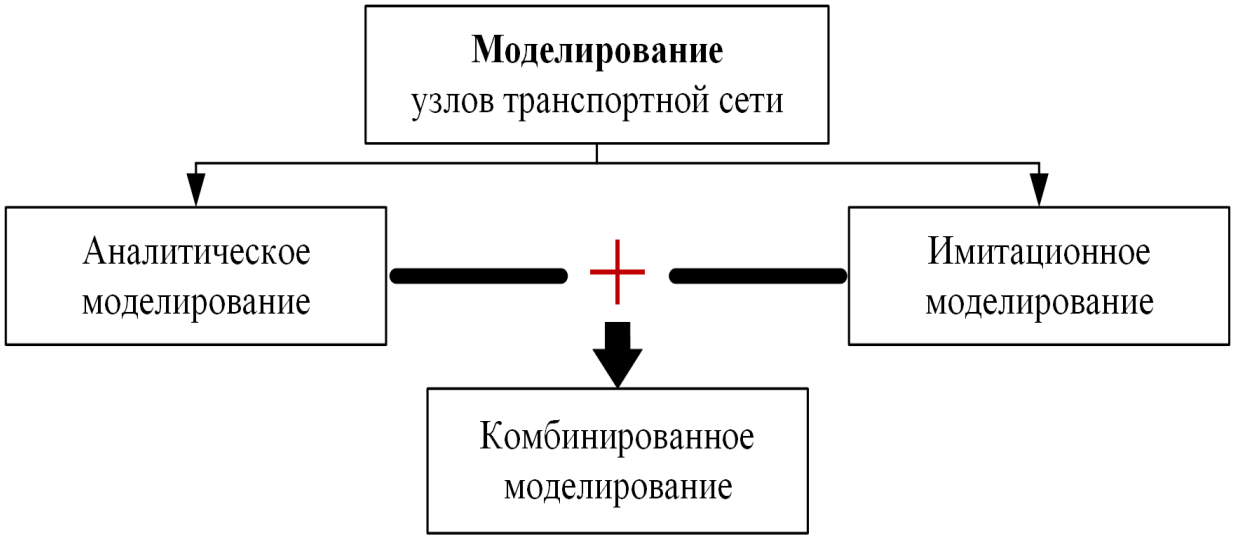


Рисунок 1 – Методы моделирования УТС

Таблица 1 – Аналитические методы определения потерь времени в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения

Параметры	Формула	Обозначения
Потери времени автотранспортных средств из-за снижения скоростей движения в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения $T_{\text{скор}}$	$T_{\text{скор}} = N_{\text{АТ}} \cdot \left(\frac{S}{V_0} - \frac{S}{V_1} \right)$	$N_{\text{АТ}}$ – интенсивность движения автотранспортных средств на рассматриваемом УТС, авт./ч; S – средняя длина участка зоны железнодорожно-автомобильного пересечения, который включает в себя зоны переезда, замедления и разгона, км; V_0 – скорость движения автотранспортных средств в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения, км/час; V_1 – нормальная скорость движения автотранспортных средств, км/час.
Потери времени автотранспортных средств из-за задержек при закрытии железнодорожного переезда $T_{зад}$	$T_{зад} = N_{закр} \cdot \left(\frac{t_{\text{закр}}^2 \cdot N_{\text{АТ}}}{24 \cdot 120} + \frac{t_{\text{закр}}}{2} \right)$	$t_{\text{закр}}$ – среднее время одного закрытия железнодорожного переезда, час; $N_{закр}$ – количество закрытий железнодорожного переезда за час.
Потери времени пассажиров в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения	$T = \sum_{i=1}^{k} (T_{\text{скор}} + T_{зад}) \cdot N_{чел}^{i} \cdot n_i$	$T_{\text{скор}}$ – потери времени автотранспортных средств i-го вида из-за снижения скоростей движения в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения, час; $T_{зад}$ – потери времени автотранспортных средств i-го вида из-за задержек при закрытии железнодорожного переезда, час; $N_{чел}^{i}$ – среднее количество пассажиров в одном автотранспортном средстве i-го вида, чел.; n_i – число транспортных средств i-го вида проходящих через переезд, авт./ч.

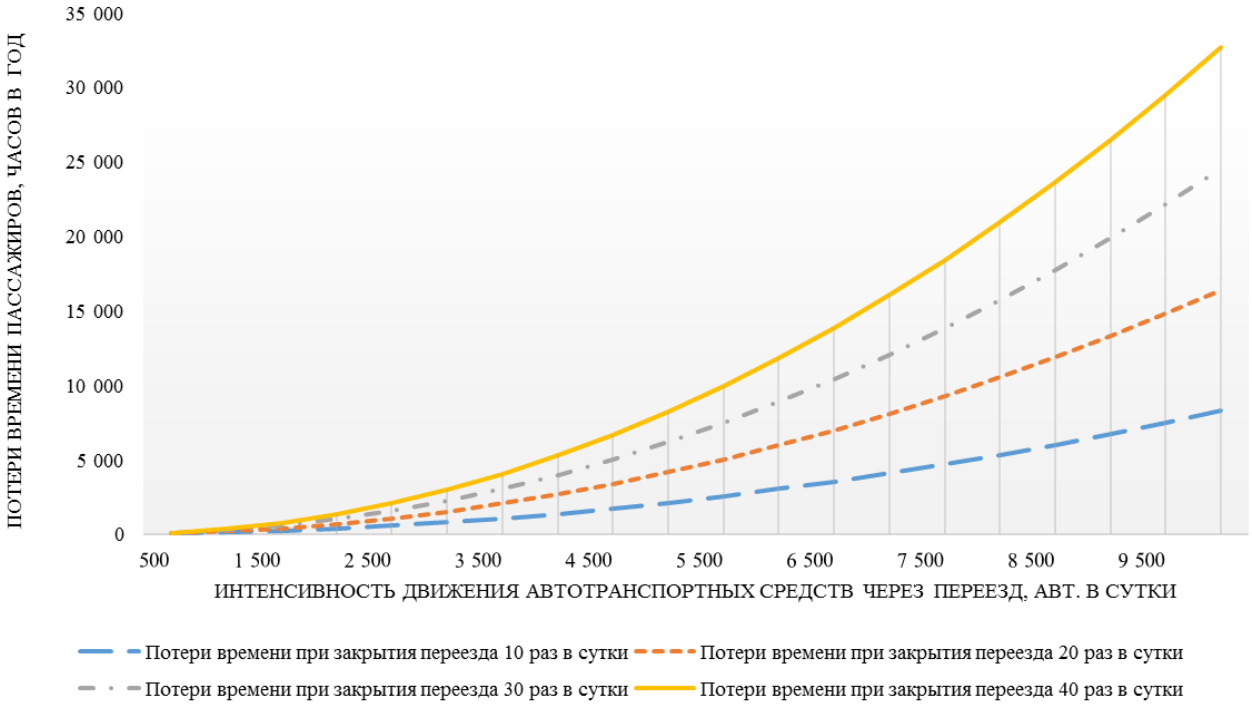


Рисунок 2 – График изменения потерь времени пассажиров в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения

Имитационное моделирование. Имитационное моделирование – это разновидность математического моделирования, в котором описание модели задается в виде алгоритмов поведения и взаимосвязи элементов моделируемой системы [3].

Для построения модели используются программные продукты в сегменте транспортного моделирования, такие как AnyLogic, PTV Vissim, Transims, EMME/2 и т.п. Строится компьютерная модель полигона транспортной сети с входящим и выходящим транспортными потоками (рисунок 3).

Параметры сети и схему УТС, а также технологию обслуживания потока, загружаемые в имитационную модель определяет качество модели. Далее получение ответов на вопросы «что если…?» определяет результат моделирования.

Преимуществом данной модели считается способность адекватно описывать поведение участников транспортного потока и выдавать точные параметры движения: скорость движения, задержки транспортных средств, длину и динамику образования заторов и т.д.

Недостатком данного подхода является невозможность применения построенной модели в других УТС.

Комбинированное моделирование. Комбинированное моделирование позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования и элиминировать недостатки обоих.

При построении комбинированной модели УТС аналитическая часть разрабатывается в виде математических формул (таблица 1), а имитационная часть в виде моделирующего алгоритма (рисунок 3).

Для расчета аналитической части используются не усредненные, а адекватные данные, которые были получены в результате имитационного моделирования (таблица 2).

В таблице 2 приводится пример результата моделирования некоторых параметров дорожного движения при интенсивностях: 1500 авт. и 2 поезда в час.

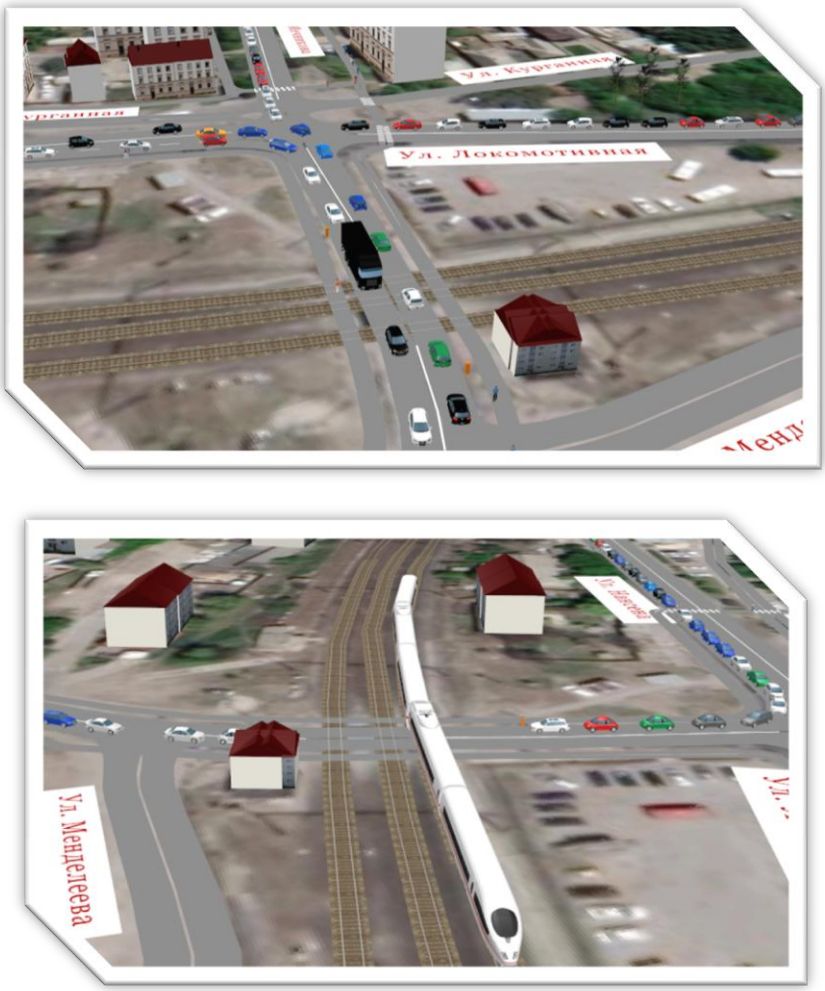


Рисунок 3 – Визуализация имитационной модели железнодорожно-автомобильного пересечения в программе PTV Vissim

Таблица 2 – Сравнение некоторых параметров результатов моделирования

Параметры	Аналитическое	Имитационное	Комбинированное
Средняя скорость потока, км/ч	17,00	11,92	–
Суммарная потеря времени автотранспортных средств из-за снижения скоростей движения в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения в промежутке 1 часа, ч	7,59	–	12,1
Потери времени автотранспортных средств из-за задержек при закрытии железнодорожного переезда в промежутке 1 часа, ч	0,21	–	0,34
Потери времени пассажиров на автомобильном транспорте в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения промежутке 1 часа, ч	10,14	–	16,17

Вывод

Таким образом, комбинированное (аналитическо-имитационное) моделирование является наиболее эффективным и адекватным инструментарием принятия стратегических решений при анализе работы УТС.

Список литературы

1. Мамаев Э.А., Ковалева Н.А. К оценке потерь экономики от неэффективности организации движения в транспортной сети // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2014. № 2 (54). С. 64-69.

2. Хашев А.И. Одноуровневые железнодорожно-автомобильные пересечения: технологический и экономический аспект // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2019. № 1. С. 93-99.

3. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие. СПб.: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.

4. Семченко Н.А. Оценка адекватности экспериментально-аналитического метода определения параметров транспортных потоков на сети // Вестник ХНАДУ. Вып. 61–62. 2013. С. 53-59.

5. Потапова И.А., Бояршинова И.Н., Исмагилов, Т.Р. Методы моделирования транспортного потока // Фундаментальные исследования. 2016. № 10. Ч. 2. С. 338-342.

6. Ковалева Н.А., Мамаев Т.Э. Железнодорожный транспорт в мегаполисе // Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса Юга России: материалы Международной научно-практической конференции. 2015. С. 48-50.

7. Колесников М.В., Долгий А.И. Стратегические приоритеты развития транспорта в России // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 73-76.

8. Зайцев Е.Н., Шайдуров И.Г. Современное развитие концепции комплексной безопасности транспортно-логистической системы // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 178-183.

УДК 519.853.2

РЕЛАКСАЦИЯ ОПЕРАТОРА ЗАДАЧИ ОБРАТНОЙ К ЗАДАЧЕ РАВНОВЕСНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Крылатов Александр Юрьевич *– доктор физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математического моделирования энергетических систем*

ФГБОУ Санкт-Петербургский государственный университет;

ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Широколобова Анастасия Павловна *– ассистент кафедры математического моделирования энергетических систем*

ФГБОУ Санкт-Петербургский государственный университет

Аннотация. В данной работе сформулирована задача обратная к задаче равновесного распределения транспортных потоков. В основе динамики поведения участников дорожного движения лежит идея конкурентного равновесия Вардропа. Акцент сделан на равновесное время движения и в первую очередь в статье приводятся формулировки прямой и обратной обобщенной задачи поиска равновесного времени движения. В работе описаны различные виды операторов обратной задачи распределения потоков для частных случаев

топологии сети и приводятся случаи, когда спрос на перемещение может быть однозначно получен.

Ключевые слова: оценка спроса на перемещение, конкурентное равновесие Вардропа, равновесное распределение транспортных потоков, обратная задача, линейная сеть из непересекающихся маршрутов.

OPERATOR RELAXATION FOR INVERSE EQUILIBRIUM TRAFFIC ASSIGNMENT PROBLEM

Krylatov Alexander Yu. – Doctor of Scienc., Docent, Associate Professor of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems

Saint Petersburg University;

Researcher of Laboratory of the Organization of Transport Systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Shirokolobova Anastasiya P. – assistant of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems

Saint Petersburg University

Abstract. In this paper, the inverse equilibrium traffic assignment problem is formulated. The basis of the roads user behavioral dynamics is the idea of Wardrop user equilibrium. The conception of equilibrium travel time is accentuated, and definitions of direct and inverse generalized problems are given. The paper describes various types of inverse problem operators for particular cases of network topology. There are cases when the travel demand can be uniquely obtained.

Keywords: travel demand estimation, Wardrop user equilibrium, equilibrium traffic assignment problem, inverse problem, equilibrium travel time, linear network of non-intersecting routes.

При принятии решений о внесении инфраструктурных изменений принято пользоваться математическими моделями распределения транспортных потоков, входной информацией в которых являются данные об объеме перемещений между районами отправления-прибытия. В связи с этим, актуальная информация о спросе на перемещения крайне важна для принятия эффективных мер по реорганизации сети, которые имеют чрезвычайную актуальность и стратегическую важность в условиях непрерывно растущей автомобилизации.

Прямая и обратная обобщенные задачи поиска равновесного времени движения

Будем рассматривать транспортную сеть произвольной топологии, представленную в виде ориентированного графа $G = (V, E)$, состоящего из множества V последовательно пронумерованных узлов, и множества E последовательно пронумерованных дуг, $|E| = \mathrm{m}$. Будем использовать следующие обозначения:

множество W пар районов отправления-прибытия, $W \subseteq V \times V$, $|W| = n$, $w \in W$;

R^w – множество маршрутов между парой w районов отправления-прибытия, $R = \left\{ R^w \right\}_{w \in W}$;

$x_e \geq 0$ – транспортный поток на дуге $e \in E$, $x = (\ldots, x_e, \ldots)^T$;

$t_e(x_e)$ – непрерывно-дифференцируемая строго возрастающая функция для $x_e \geq 0$, моделирующая временные затраты на движение единицы потока x_e по дуге e, $e \in E$;

$f_r^w \geq 0$ – поток по маршруту $r \in R^w$ между парой w, $f^w = \left\{ f_r^w \right\}_{r \in R^w}$ и $f = \left\{ f^w \right\}_{w \in W}$;

$F^w > 0$ – совокупный транспортный спрос на перемещение между парой $w \in W$, $\sum_{r \in R^w} f_r^w = F^w$;

$\delta_{e,r}^{w}$ – индикатор: 1, если дуга e входит в маршрут $r, r \in R^{w}$, и ноль в противном случае.

Формально, в рамках введенных обозначений, конкурентным равновесием в сети является такое распределение потоков F^{w}, $w \in W$, по маршрутам сети f, что

$$\sum_{e \in E} t_e(x_e) \cdot \delta_{e,r}^{w} \quad \begin{cases} = \mathrm{t}^{w}, & \text{если } f_r^{w} > 0, \\ \geq \mathrm{t}^{w}, & \text{если } f_r^{w} = 0, \end{cases} \quad \forall r \in R^{w}$$

при

$$x_e = \sum_{w \in W} \sum_{r \in R^{w}} f_r^{w} \delta_{e,r}^{w},$$

где $\mathrm{t}^{w} > 0$ – равновесное время движения по всем используемым маршрутам между парой районов отправления-прибытия $w, w \in W$ [1,2]. То есть время движения по всем используемым маршрутам одинаково и меньше времени, которое потратит единичное транспортное средство, если отклонится от этого маршрута.

Математическая формализация задачи поиска конкурентного равновесия следующая [2]:

$$Z(x^{*}) = \min_{x} \sum_{e \in E} \int_{0}^{x_e} t_e(u) du \tag{1}$$

при ограничениях

$$\sum_{r \in R_w} f_r^{w} = F^{w}, \quad \forall w \in W \tag{2}$$

$$f_r^{w} \geq 0, \qquad \forall w \in W \tag{3}$$

и выполнении соотношений

$$x_e = \sum_{w \in W} \sum_{r \in R^{w}} f_r^{w} \delta_{e,r}^{w}, \quad \forall e \in E \tag{4}$$

Доказано, что решение x^{*} задачи (1)-(4) соответствует равновесному распределению спроса на перемещение по дугам сети [2,3].

Ранее в статье [7] задача оценки спроса на перемещение была сформулирована нами как задача обратная к задаче равновесного распределения потоков. В качестве входных данных в предложенных моделях выступала информация о количестве транспортных средств на дугах, полученная при помощи датчиков фиксации номерных регистрационных знаков транспортных средств. Для ряда сетей было предложено аналитическое решение задачи оценки спроса на перемещение по данным о загрузке дуг.

В данной работе сделан акцент на использование равновесного времени движения, а не загрузке элементов сети. Согласно первому принципу Вардропа [1], задача равновесного распределения потоков заключается в поиске такого распределения потоков, при котором время движения по всем используемым маршрутам между каждой парой районов отправления-прибытия одинаково и меньшего времени движения не может достигнуть ни один участник движения. Таким образом, представляется естественным при моделировании процессов сетевого равновесия в качестве искомых переменных сразу использовать время движе-

ния по дугам сети и время движения между парами районов отправления-прибытия. И также, соответственно, интересно рассматривать задачу оценки спроса на перемещение по этим данным. Время движения при этом можно находить при помощи, например, онлайн-сервисов. Сформулируем прямую и обратную задачи поиска равновесного времени движения. Для этого, в первую очередь, необходимо рассмотреть задачу двойственную в силу функции Лагранжа к задаче равновесного распределения потоков.

Введем дополнительно переменную μ_e, являющуюся временем движения по дуге $e \in E$, $\mu = \mu_{m\times 1} = (\dots, \mu_e, \dots)^{\mathrm{T}}$. Двойственной задачей в силу функции Лагранжа к задаче равновесного распределения потоков (1)–(4) является следующая задача [4,5]:

$$(\mathrm{t}^*, \mu^*) = \arg\max_{\mathrm{t},\mu}[\theta(\mu) + \Theta(\mathrm{t}, \mu)], \tag{5}$$

где

$$\theta(\mu) = \sum_{e\in E} \min_{x_e \geqslant 0} \left(\int_0^{x_e} t_e(s)\, ds - \mu_e x_e \right),$$

и

$$\Theta(\mathrm{t}, \mu) = \sum_{w\in W} \min_{f_r^w \geqslant 0, \forall r \in R^w} \left(\sum_{r\in R^w} \left(\sum_{e\in E} \mu_e \delta_{e,r}^w - \mathrm{t}^w \right) f_r^w + \mathrm{t}^w F^w \right).$$

Доказано, что решение (t^*, μ^*) задачи (5) соответствует равновесному распределению спроса на перемещение по дугам сети [4,6].

В задаче (5) значения величин спроса на перемещение являются входными данными модели, а время движения по дугам и равновесное время движения между каждой парой районов отправления-прибытия – переменные искомые величины. Представляется естественным ставить задачу нахождения пар узлов отправления-прибытия, а также значений величин спроса на перемещение между ними по заданным значениям временных затрат на сети.

Введем множество $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{F} = \{F | F^w \geq 0 \quad \forall w \in V \times V\}$, и множество $\mathfrak{T}$,

$$\mathfrak{T} = \{(\mathrm{t}, \mu) \mid \mu_e \geqslant t_e(0) \ \ \forall e \in E, \mathrm{t}^w \leqslant \sum_{e\in E} \mu_e \delta_{e,r}^w \ \ \forall r \in R^w, w \in V \times V\}.$$

Зададим отображение $\mathfrak{Y}: \mathfrak{F} \to \mathfrak{T}$. В качестве функции данного отображения будем использовать

$$\mathfrak{Y}(F) = \arg \max_{(\mathrm{t},\mu)\in \Re_+^{m+n}} [\theta(\mu) + \Theta(\mathrm{t}, \mu)].$$

Таким образом, отображение $\mathfrak{Y}$ устанавливает определенное соответствие между всеми возможными временными затратами $(\mathrm{t}^*, \mu^*) \in \mathfrak{T}$ на транспортной сети G и всеми возможными значениями спроса на перемещение F между всеми возможными парами узлов отправления-прибытия $W \subseteq V \times V$.

Прямой обобщенной задачей поиска равновесного времени движения в транспортной сети G будем называть задачу нахождения образа $\mathrm{Im}\mathfrak{Y}$ отображения

$$\mathfrak{Y}: \mathfrak{F} \to \mathfrak{T}, \quad \mathfrak{Y}(F) = \arg \max_{(\mathrm{t},\boldsymbol{\mu})\in \Re_+^{m+n}} [\theta(\mu) + \Theta(\mathrm{t}, \mu)],$$

в то время как *обратной обобщенной* задачей поиска равновесного времени движения в транспортной сети G будем называть задачу нахождения функции $\mathfrak{K}(\mathrm{t}, \mu)$ отображения

$$\mathfrak{K}\colon \mathrm{Im}\mathfrak{Y} \to \mathfrak{F}.$$

Справедливы следующие утверждения.

Лемма 1. Если граф G является сильно связным, а функции $t_e(x_e)$ являются непрерывными и $t_e(x_e) > 0$ для $x_e \geq 0$, $e \in E$, то отображение $\mathfrak{K}$ является сюръекцией.

Доказательство. Согласно лемме 1 из [7], если граф G является сильно связным, а функции $t_e(x_e)$ являются непрерывными и $t_e(x_e) > 0$ для $x_e \geq 0$, $e \in E$, то отображение $\mathfrak{G}$ является сюръекцией:

$$\forall F \in \mathfrak{F}\ \exists\, x \in \mathfrak{R}_+^{\mathrm{m}}\colon x = \mathfrak{Z}(F), \qquad \text{т. е. } x \in \mathrm{Im}\mathfrak{Z},$$

где $\mathfrak{Z}$ – отображение, $\mathfrak{Z}\colon \mathfrak{F} \to \mathfrak{R}_+^m$, $\mathfrak{R}_+^m$ – неотрицательный ортант векторного пространства размерности m, отображение $\mathfrak{G} : Im\mathfrak{Z} \to \mathfrak{F}$, о чем подробнее написано в [7].

Однако, согласно теореме двойственности 2.7 из [4], если существует x^*, являющийся решением задачи равновесного распределения потоков (1)–(4), то существует пара (t^*, μ^*), являющаяся решением двойственной задачи (1). Другими словами

$$\forall F \in \mathfrak{F}\ \exists\, (\mathrm{t}, \mu) \in \mathfrak{T}\colon (\mathrm{t}, \mu) = \mathfrak{Y}(F),$$

что означает $(\mathrm{t}, \mu) \in \mathrm{Im}\mathfrak{Y}$.

Замечание 2. Сюръективность отображения $\mathfrak{K}$ гарантирует существование решения задачи обратной к задаче поиска равновесного времени движения в транспортной сети.

Теорема 3. Пусть граф G является сильно связным, функции $t_e(x_e)$ – гладкими строго возрастающими, $t_e(x_e) > 0$ для $x_e \geq 0$, $e \in E$, и $W \subseteq V \times V$ является заданным множеством. Если $\mathfrak{F} = \{F | F^w > 0 \ \ \forall\, w \in W, F^w = 0 \ \ \forall\, w \in V \times V \backslash W\}$, то отображение $\mathfrak{K}$ является биекцией.

Доказательство. Согласно теореме Теореме 2 из [7], если граф G является сильно связным, функции $t_e(x_e)$ – гладкими строго возрастающими, $t_e(x_e) > 0$ для $x_e \geq 0$, $e \in E$, и $W \subseteq V \times V$ является заданным множеством, то отображение $\mathfrak{G}$ является биекцией. При этом доказано, что в заданных условиях образ оператора $\mathfrak{Z}$ представляет из себя один единственный элемент множества $\mathfrak{R}_+^{\mathrm{m}}$: $\mathrm{Im}\mathfrak{Z} = x^*$, $x^* \in \mathfrak{R}_+^{\mathrm{m}}$, который является прообразом одного единственного $F \in \mathfrak{F}$. Таким образом, в силу теоремы двойственности 2.7 из [4] в заданных условиях существует единственная пара $(\mathrm{t}^*, \mu^*) \in \mathfrak{T}$, являющаяся решением задачи поиска равновесного времени движения в транспортной сети (1), т.е. $\mathrm{Im}\mathfrak{Y} = (\mathrm{t}^*, \mu^*)$, которая является прообразом одного единственного $F \in \mathfrak{F}$.

Замечание 4. Биективность отображения $\mathfrak{K}$ гарантирует единственность решения задачи обратной к задаче поиска равновесного времени движения в транспортной сети.

Релаксация оператора задачи обратной к задаче равновесного распределения потоков

С одной стороны, единственность решения задачи поиска равновесного времени движения в общем случае гарантируется более слабыми условиями, чем единственность решения задачи равновесного распределения потоков в транспортной сети ([4], теорема 2.5). С другой стороны, на практике оценка времени движения потоков по элементам транспортной сети зачастую может быть проведена с большей точностью при меньших затратах, чем количественная оценка самих потоков.

Справедлива следующая теорема.

Теорема 5. Рассмотрим сеть из непересекающихся маршрутов (рисунок) при $t_i(x_i) = a_i + b_i(x_i)^m$, $m > 1$, $a_i \geq 0$, $b_i > 0$, для всех $i = \overline{1, n}$. Функция отображения $\mathfrak{K}$ имеет следующий явный вид

$$\Re(\mathrm{t}) = \sum_{i=1}^{k} \sqrt[m]{\frac{\mathrm{t}^1 - a_i}{b_i}},$$

где k определяется из условия $a_1 \le \cdots \le a_k < \mathrm{t}^1 \le a_{k+1} \le \cdots \le a_n$.

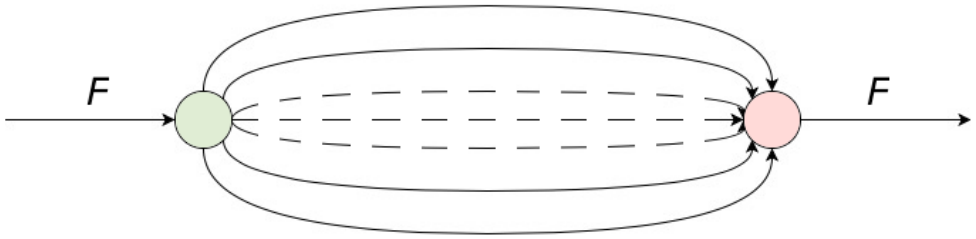


Рисунок – Сеть из непересекающихся маршрутов

Доказательство. Биективность отображения $\Re$ гарантирована теоремой 3. Найдем функцию данного отображения. Выпишем функцию Лагранжа задачи обратной к задаче поиска равновесного времени движения (5) при $t_i(x_i) = a_i + b_i(x_i)^m$, $m > 1$, $a_i \ge 0$, $b_i > 0$, для всех $i = \overline{1,n}$:

$$L = \sum_{i=1}^{n} \int_0^{x_i} t_i(u)\,du + \mathrm{t}^1 \left(F - \sum_{i=1}^{n} x_i \right) + \sum_{i=1}^{n} \xi_i(-x_i),$$

где $x_i \ge 0$, $i = \overline{1,n}$ — множители Лагранжа. Продифференцируем Лагранжиан по t^1 и приравняем к нулю:

$$F - \textstyle\sum_{i=1}^{n} x_i = 0, \qquad (6)$$

в свою очередь, если продифференцировать Лагранжиан по множителям Лагранжа $x_i \ge 0$, $i = \overline{1,n}$, то в силу условий дополняющей нежесткости получим

$$\begin{cases} t_i(x_i) = \mathrm{t}^1 > 0 & \text{при } x_i > 0, \\ t_i(x_i) \ge \mathrm{t}^1 & \text{при } x_i = 0, \end{cases} \quad i = \overline{1,n}.$$

Не умаляя общности, будем считать, что $x_i > 0$ при $i = \overline{1,k}$, а при $i = \overline{k+1,n}$ имеем $x_i = 0$. В таком случае, благодаря (6) получаем

$$F = \sum_{i=1}^{k} \sqrt[m]{\frac{\mathrm{t}^1 - a_i}{b_i}}.$$

При этом $x_i > 0$ тогда и только тогда когда $a_i < \mathrm{t}^1$, откуда окончательно получаем критерий определения k: $a_1 \le \cdots \le a_k < \mathrm{t}^1 \le a_{k+1} \le \cdots \le a_n$.

Доказательство теоремы 5 несет важный содержательный смысл, так как множителями Лагранжа для задачи (5) фактически являются значения распределения потоков на дугах сети. Данное обстоятельство и соответствующую методологию исследования можно использовать для дальнейшего исследования сетей более общего вида.

Следствие 6. Рассмотрим сеть из непересекающихся маршрутов (рисунок) с линейной функцией задержки: $t_i(x_i) = a_i + b_i(x_i)$, $a_i \geq 0$, $b_i > 0$, для всех $i = \overline{1,n}$. Функция отображения $\mathfrak{K}$ имеет следующий явный вид

$$\mathfrak{K}(\mathrm{t}) = \mathrm{t}^1 \sum_{s=1}^{k} \frac{1}{b_s} - \sum_{s=1}^{k} \frac{a_s}{b_s},$$

где k определяется из условия $a_1 \leq \cdots \leq a_k < \mathrm{t}^1 \leq a_{k+1} \ldots \leq a_n$.

Замечание 7. Теорема 5 и следствие 6 свидетельствуют о том, что если известно время движения на одном (любом) используемом маршруте сети из непересекающихся маршрутов, то спрос на перемещение между узлами отправления-прибытия может быть однозначно определен:

– нелинейная сеть

$$F = \sum_{i=1}^{k} \sqrt[m]{\frac{\mathrm{t}^1 - a_i}{b_i}},$$

– линейная сеть

$$F = \mathrm{t}^1 \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{b_i} - \sum_{i=1}^{k} \frac{a_i}{b_i}.$$

На практике наиболее распространено использование именно степенных функций при моделировании времени движения по дугам графа [8]. Таким образом, найденные в явном виде операторы обратной обобщенной задачи поиска равновесного времени движения можно использовать для приближенной (первичной) оценки спроса на перемещение между любой парой узлов отправления-прибытия произвольной транспортной сети.

Таким образом, установлены случаи, когда спрос на перемещение может быть однозначно получен. Однако в общем случае при решении задачи обратной задаче равновесного распределения потоков или задачи поиска равновесного времени движения множество пар узлов отправления-прибытия не задано, то есть эти пары также являются искомыми переменными. Изучению данного общего случая посвящена вторая глава диссертационного исследования [5].

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-31-00178.

Список литературы

1. Wardrop J.G. Some theoretical aspects of road traffic research // Proceedings of the Institute of Civil Engineers. 1952. Vol.1, No 3. P.325-362.

2. Beckman M., McGuire C.B., Winsten C.B. Studies in economics of transportation // RM-1488. Santa Monica: RAND Corporation. 1955.

3. Sheffi Y. Urban transportation networks: equilibrium analysis with mathematical programming methods. N.J.: Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, 1985. – 416 p.

4. Patriksson M. The Traffic Assignment Problem: Models and Methods. Dover Publications, Inc, NY, USA. 2015. – 235 p.

5. Тынянский Н.Т. Основы теории двойственности задач нелинейного программирования и дифференциальные игры. – М.: Типография Военной инженерной академии им. Ф.Э. Дзержинского, 1968. – 160 с.

6. Carey M. The dual of the traffic assignment problem with elastic demands // Transportation Research. 1985. Vol. 19. P. 227-237.

7. Крылатов А.Ю., Широколобова А.П. Методы оценки спроса на перемещение по данным систем видеорегистрации // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: ИПТ РАН. 2019. С. 147-153.

8. Horowitz A.J. Delay/Volume Relations for Travel Forecasting Based upon the 1985 Highway Capacity Manual. Milwaukee: Department of Civil Engineering and Mechanics University of Wisconsin–Milwaukee, 1991. – 87 p.

9. Широколобова А.П. Оптимизационные методы оценки спроса на перемещение между узлами транспортной сети: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.09. – Дискретная математика и математическая кибернетика. – СПб.: 2019.

УДК 338.47: 625.7: 656

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЕЗДОК В КРАТЧАЙШИХ СЕТЯХ

Бобрик Петр Петрович *– кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. Изучаются вопросы повышения эффективности поездок за счет улучшения структуры сети в простейшем случае из трех населенных пунктов. Сравниваются варианты последовательного строительства линий между городами и изначального выстраивания минимальной по длине сети. Показано, что минимальная сеть не только дешевле в строительстве и эксплуатации, но и обеспечивает более эффективные перемещения по территории.

Ключевые слова: сеть высокоскоростных магистралей, полезность поездок, эффективность сети, объединение в агломерацию.

TRAVEL EFFICIENCY IN THE SHORTEST NETWORKS

Bobrik Petr P. – Ph.D., Senior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The issues of increasing the efficiency of trips by improving the network structure in the simplest case of three towns are being studied. The variants of sequential construction of lines between agglomerations and the initial design of the minimum network length are compared. It is shown that the minimum network is not only cheaper in construction and operation, but also provides more efficient movements across the territory.

Keywords: high-speed network, travel profitability, network efficiency, agglomeration.

В России в последнее время активно обсуждается возможность начала строительства высокоскоростных магистралей (далее ВСМ), необходимых для соответствия мировым процессам глобализации [1-3]. В начале года была принята стратегия пространственного развития России [4], в которой был выделен список крупнейших агломераций для ускорения экономического роста. Вопрос их транспортной связности пока находится в стадии обсуждений,

но одним из вариантом решения видится строительство сети ВСМ. В качестве первого примера просматривается строительство линии Екатеринбург – Челябинск, проект которой возник еще до стратегии пространственного развития, но органично в нее вошедший.

Хотя прямо нигде не указано, что надо строить линии между крупнейшими агломерациями, но неявно этот вариант просматривается между во многих документах. Именно на таких направлениях будет достигаться наибольший трафик, что является очень важным фактором реализуемости проекта. Но такой подход при развитии может приводить к тупиковым ситуациям, когда новые линии между отдельными центрами опережающего экономического роста уже не будут рентабельны из-за уже построенных линий, которые оттянут на себя часть трафика и далее будут требовать ежегодных затрат на их функционирование. А уже построенные участки не обеспечивают самый оптимальный вариант. Это показывает необходимость изначального выстраивания оптимальной сети ВСМ вместо рассмотрения отдельных проектов линий ВСМ между агломерациями.

Нисколько не претендуя на полноту и оптимальность выбора, в данной статье за методологию исследования выберем подход, основанный на понятии полезности поездки, который подробно изложен в работе [5]. Напомним вкратце основные положения этой методики. Удельная полезность поездки e_i из некоторого выделенного начального пункта отправления v в пункт u_i определяется по формуле

$$e_i = \frac{\sqrt{n_i d_i T_i}}{t_i}.$$

Здесь n_i – численность населения пункта u_i, d_i – средний доход населения в этом пункте, C – коэффициент пропорциональности, постоянный для всех точек посещения u_i, который в дальнейшем можно положить равный единице, подобрав соответствующим образом размерности, $t_i = t(v,u_i)$ – время поездки из пункта v в пункт u_i.

Наиболее важным в этой формуле является величина T_i, которая является средним периодом посещения пункта u_i. Применительно в данному случаю это означает, что посещение некоторого населенного пункта второй раз через короткое время принесет меньше пользы по сравнению с первым посещением.

В соответствии с экономическим правилом максимизации полезности всего множества поездок, они должны совершаться с такими периодами T_i, чтобы удельная полезность от посещения каждого пункта была бы равной $e_i = K = const,\ i = 1,...,N$. В этом случае будет достигаться равновесие удовлетворения различных потребностей.

В работе [5] показано, что если направления поездок выбираются в соответствии с полезностью e_i, то частоты поездок будут получаться в соответствии с формулами обратной квадратичной зависимости гравитационного типа

$$f_i = \frac{1}{M}\frac{n_i}{{t_i}^2},$$

где M – некоторая общая константа для пункта v.

Сравнение полезности поездок

Рассмотрим модельный случай трех агломераций расположенных в вершинах равностороннего треугольника с единичной длиной стороны, где положим, что первая вершина находится вверху, а оставшиеся нижние (левая (вторая) и правая (третья)) расположены на горизонтали. Для простоты положим численность населения этих пунктов и их доходы на человека одинаковыми и равными единице. Для этих трех населенных пунктов поставим за-

дачу организации высокоскоростного транспортного сообщения. Существует два варианта строительства.

Первый – эволюционный. Он реализуется путем последовательного выстраивания отдельных ВСМ между парой городов до тех пор, пока строительство новой линии не станет нерентабельным. Именно этот путь неявно предлагается стратегии пространственного развития. И ввиду своей простоты принятия управленческих решений наиболее вероятный при реализации на практике.

В рамках этого подхода без ограничения общности положим, что для получения связной сети будут соединены ВСМ верхняя вершина с левой, и левая с правой. Строительство третьей линии (верхняя – правая) уже будет нерентабельно из-за недостаточности трафика. Для поездки из верней вершины в правую требуется совершить заезд в левую вершину с общей длиной маршрута в две единицы.

Второй подход назовем Штейнеровским по названию математического алгоритма [6] поиска связной сети минимальной длины. В рамках этого подхода предлагается первоначальное планирование оптимальной сети ВСМ, которое впоследствии и должно быть реализовано. При этом будет введен новый транспортный узел, расположенный в центре равностороннего треугольника, из которого будут выходить три дороги одинаковой длины до каждой из агломераций.

Хотя эволюционная сеть состоит всего из двух дорог против трех в узловой сети, но ее общая длина равна 2, что выше общей длины узловой сети равной √3. Это означает. что она обойдется дороже в строительстве и эксплуатации приблизительно на 15% [6].

Определим теперь полезности поездок городов в каждой из сетей, дополнительно полагая скорость движения равной единице, что можно добиться выбором соответствующей размерностей.

1. **Эволюционная сеть.** Расстояния маршрутов равны $l_{12}=1$, $l_{13}=2$, $l_{23}=1$.

Доли поездок из левой вершины (новый центр сети) в оставшиеся равны $f_1 = f_3 = 0.5$. Веса вершин также равны $m_1 = m_3 = 1,\ M = 2$. Это приводит к равенству периодов посещения и удельных полезностей поездок в эти пункты.

$$T_1 = T_3 = \frac{1}{f_i} = 2,\ e_1 = e_3 = \frac{\sqrt{1*1*2}}{1} = \sqrt{2} \approx 1.4142.$$

Поездки из верхней вершины. Для правой вершины формулы аналогичны ввиду симметрии.

Поскольку расстояние до левой вершины в два раза меньше, чем до правой, то вес второй вершины равен $m_2 = 1$, а вес третьей $m_2 = 0.25$. Суммарный вес $M = 1.25$. Доли потоков $f_2 = 0.8$ $f_3 = 0.2$. Периоды посещений $T_2 = 1.25$, $T_3 = 5.0$. Удельная полезность

$$e_3 = \frac{\sqrt{1*1*5}}{2} = \frac{\sqrt{5}}{2} \approx \frac{2.236}{2} = 1.118.$$

2. **Штейнеровская сеть.** Поездки из центрального узла. Расстояния $l_1 = l_2 = l_3 = 1/\sqrt{3} \approx 0.5773$ до всех точек равны, и $l_i = t_i$ ввиду единичной скорости. Откуда следует равенство частот посещения , $f_1 = f_2 = f_3 = 1/3$, весов точек $m_1 = m_2 = m_3 = 1/3$ и периодов посещений $T_1 = T_2 = T_3 = 3$. Тогда удельная полезность центрального узла равна

$$e_3 = \frac{\sqrt{1*1*3}}{1/\sqrt{3}} = 3.$$

Это более чем в два раза выше полезности в центральном узле центрального эволюционной сети, что позволит более эффективно связать территорию [8].

Поездки из верхней вершины. Остальные вершины аналогично.

$$f_{центр} = 3/4.5 = 2/3 \approx 0.6666,\ f_2 = f_3 = 0.75/4.5 = 1/6 \approx 0.1666.$$

$$T_{центр} = 3/2 = 1.5,\ T_2 = T_3 = 6.$$

$$e_{центр} = \frac{\sqrt{1*1*1{,}5}}{1/\sqrt{3}} = \frac{3}{\sqrt{2}} \approx 2.1213,\ e_3 = \frac{\sqrt{1*1*6}}{2/\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6}\sqrt{3}}{2} = 3/\sqrt{2} \approx 2.1213$$

Это также больше, чем аналогичная полезность для эволюционной сети почти в два раза.

Выводы

Выстраивание минимальной по длине сети между агломерациями вместо последовательного соединения отдельных городов может не только значительно сократить расходы на строительство и эксплуатацию ВСМ, но и в разы увеличить полезность поездок.

Для случая трех городов с равной численностью населения, распложенных в вершинах равностороннего треугольника полезность поездок из центра повышается в $3/\sqrt{2} \approx 2.1213$ раза, для периферийных вершин в $3\sqrt{2}/\sqrt{5} \approx 1.8973$ раза.

Список литературы

1. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4–й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 13-20.

2. Макогонова Н.В. Новая концепция государственного контроля в условиях перехода к шестому технологическому и интегральному мирохозяйственному укладу // Государственное управление Российской Федерации: вызовы и перспективы: материалы XV Международной конференции Государственное управление в XXI веке: сборник, электронное издание сетевого распространения. – Университетская серия. 2018. С. 182-189.

3. Безруков Л.А. Транссиб и Шелковый путь: глобальная инфраструктура и региональное развитие // «ЭКО» (Экономика и организация промышленного производства). 2016. № 7. С. 21-36.

4. Стратегия пространственного развития РФ. URL: http://static.government.ru/media /files/UVAlqUtT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf. (дата обращения 24.03.2019).

5. Бобрик П.П. Обоснование гравитационной модели транспортных корреспонденций при помощи закона убывающей предельной полезности // Труды МФТИ. 2010. Т. 2, № 4 (8). С. 31-34.

6. Лекции по теории графов / Емеличев В.А. и др. – М.: Наука, 1990. – 384 с.

7. Бобрик П.П. Снижение ЖД тарифов на ВШП / Экономический коридор «Китай–Монголия–Россия»: географические и экологические факторы и возможности территориального развития: материалы Международной географической конференции. – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. – 306 с.

8. Бобрик П.П. Характеристические размеры центральных мест // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2014: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. С. 241-245.

УДК 06.35.51; 73.01.77

МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Еналеев Анвер Касимович *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела прогнозирования развития транспортных систем (г. Москва)*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. Предложен организационный механизм взаимодействия человека и интеллектуальной автоматизированной системы управления транспортным средством в условиях сложной нестационарной обстановки для повышения безопасности и эффективности перевозок. Описывается многоканальная структура организационного механизма. В состав каналов входят основной канал управления, непосредственно воздействующий на объект управления, а также дублирующие каналы и каналы обучения. В статье предлагаются различные варианты взаимодействия каналов, механизм оценки эффективности функционирования каналов и механизмы стимулирования каналов, в составе которых задействован человек.

Ключевые слова: транспортное средство, управление, человеко-машинное взаимодействие, обучение, многоканальная структура, ретроспективная оценка, система стимулирования, оптимальность.

MULTI-CHANNEL INTELLECTUAL VEHICLE CONTROL SYSTEMS FOR NON-STATIONARY PERFORMANCE

Enaleev Anver K. – PhD, Leading Researcher of the Department for Forecasting the Transport Systems Development (Moscow)
Solomenko Institute of Transport Problems of The Russian Academy of Sciences

Abstract. An organizational mechanism for the interaction of a person and an intelligent automated vehicle control system in a complex unsteady environment is proposed to improve the safety and efficiency of transportation. The multi-channel structure of the organizational mechanism is described. The composition of the channels includes the main control channel that directly affects the control object as well as duplicate and training channels. The article offers various options for the interaction of channels, a mechanism for evaluating the functioning channels effectiveness, and incentive mechanisms for channels in which a person is involved.

Keywords: vehicle, control, human-machine interaction, training, multichannel structure, retrospective assessment, incentive system, optimality.

В настоящее время в мире активно ведутся разработки по использованию искусственного интеллекта (ИИ) в управлении движением транспортных средств (ТС) [1,2]. Системы с ИИ в стандартных условиях лучше человека справляются с управлением, однако при действии возмущающих факторов, например, при движении в сложных погодных условиях и возникновении экстремальных ситуаций, возможны ошибки со стороны системы управления с ИИ, которые могут привести к катастрофической ситуации. Для исключения таких событий часто управление дублируется путем включения в систему управления опытного человека-оператора (водителя), который в нестандартных ситуациях должен брать рычаги управления на себя. Если экстремальные ситуации случаются редко, то водитель также редко активно включается в процесс управления. Это приводит к двум отрицательным аспектам.

Первый заключается в том, что привыкший к работе автоматизированной системы водитель, доверившись этой системе, может пропустить момент необходимости включения в процесс управления.

Второй заключается в том, что поверхностное внимание и редкое включение в процесс управления постепенно приводит к частичной дисквалификации водителя и, соответственно, неэффективному ручному управлению. Этому есть примеры в управлении, например, при посадке пассажирских авиалайнеров.

Для решения отмеченных проблем предлагается использовать многоканальные организационные механизмы. Впервые такого рода двухканальные механизмы были применены для управления технологическими процессами в металлургии [3].

Одной из первых работ, давшей начало разработке двухканальных механизмов, в которой рассматривается стимулируемое человеко-машинное взаимодействие, является [4]. Дальнейшее развитие теории многоканальных механизмов с общесистемной точки зрения проводилось в [5-8].

Основная идея многоканальных механизмов заключается апостериорной оценке эффективности управленческих решений различных систем управления, участвующих в выработке однотипных управлений, на основе пересчетных моделей [3]. На основе сравнения этих оценок осуществляется стимулирование персонала систем управления [5,9].

Будем предполагать, что ТС принадлежит некоторому собственнику, а водитель является наемным рабочим, результат работы которого подлежит оценке и стимулированию (поощрению или штрафам).

Для таких транспортных систем структура многоканального механизма представлена на рисунке.

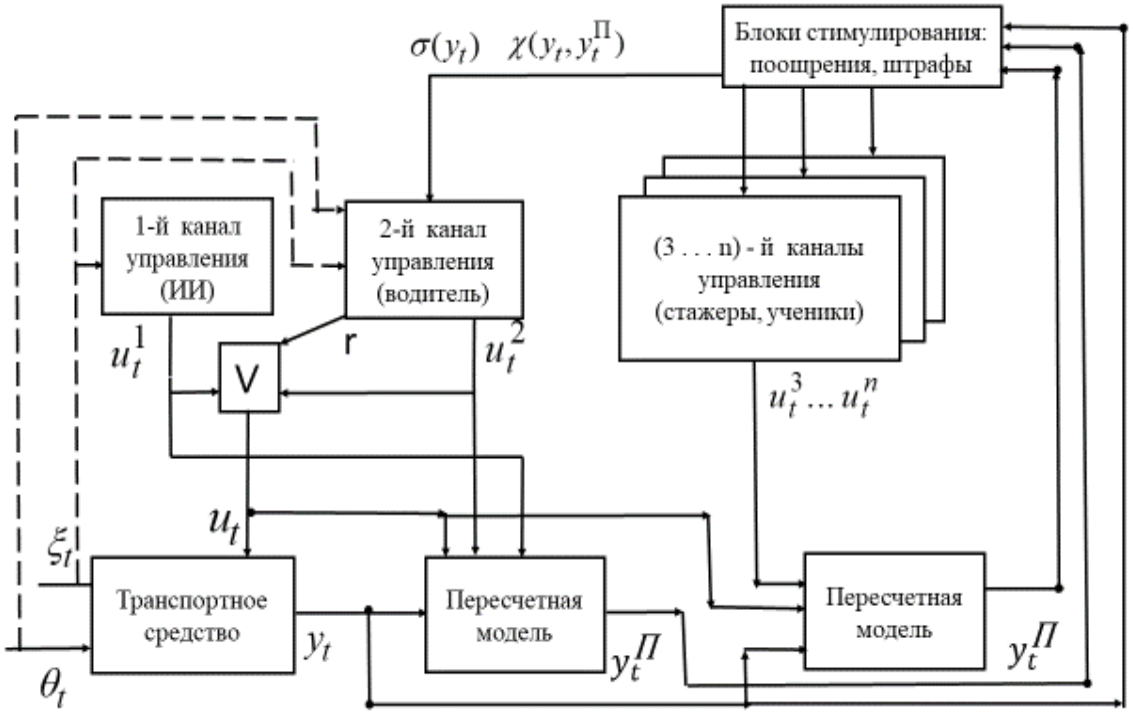


Рисунок – Структура многоканального механизма управления ТС

Опишем порядок исполнения представленного на рисунке многоканального механизма. Для простоты будем считать, что текущее время t движения измеряется дискретно и $0 \le t \le T$. В каждом периоде времени t на ТС могут действовать возмущающие воздействия двух типов.

Первый тип воздействий ξ_t измеряется датчиками и результаты измерений доступны 1-му автоматизированному каналу управления с использованием ИИ, а также 2-му управляющему каналу (водителю). Информация о втором типе воздействий θ_t недоступна 1-му каналу, а второму каналу доступна. Второй тип воздействий реализуется редко с некоторой вероятностью $p_t \ll 1$. Первый канал вырабатывает управление u_t^1, используя информацию о ξ_t и, возможно, данные о предыстории движения. Управление u_t^1 известно водителю из второго канала. Он получает информацию о θ_t и вырабатывает собственное управление u_t^2, которое, вообще говоря, может совпадать с управлением первого канала, $u_t^2 = u_t^1$, и принимает решение $r = (1,2)$ какое из управлений u_t^1 или $u_t^2 \neq u_t^1$ будет реализовано, $u_t = (u_t^1 \vee u_t^2)$.

В результате реализации управления ТС оказывается в состоянии y_t . После реализации состояния y_t, в случае $u_t^2 \neq u_t^1$ рассчитывается апостериорная оценка y_t^{Π} состояния транспортного средства, в котором бы оно оказалось, если бы было реализовано управление первого, либо второго канала, отличающееся от реализованного управления u_t . В случае $u_t = u_t^2 = u_t^1$ оценка состояния $y_t^{\Pi} = y_t$.

Кроме первого и второго каналов в рассматриваемой системе могут быть задействована также каналы обучения стажеров и учеников. Стажеры и ученики могут находиться в самом ТС, либо вне его. В последнем случае информация о воздействиях и принимаемых управлениях сообщаются по телекоммуникационным каналам.

Аналогично определенному выше порядку функционирования каналов описывается деятельность последующих каналов. Для этих каналов в статье принята интерпретация как обучающих каналов для стажеров и учеников. Вообще говоря проблема обучения сложной деятельности является одной из важнейших [10,11].

На основе сравнительных апостериорных оценок состояния $y_t^{\Pi i}$, где индекс i обозначает номер канала, с реализовавшимся состоянием y_t, либо оценки состояния, полученного стажером или учеником с оценкой состояния $y_t^{\Pi 2}$, обеспеченного водителем, осуществляется стимулирование (выставление учебных оценок) стажеров и учеников соответствующих управляющих (обучающих) каналов. В качестве процедур стимулирования рекомендуется использовать механизмы, описанные в [9].

Приведем математическую модель многоканального механизма, включающего процедуры стимулирования людей, задействованных в каналах управления для рассмотренной на рисунке 1 структуры.

Пусть программа состояния ТС, в частности маршрут, описывается набором величин A_t, где $t \in [0,T]$. Тогда состояние ТС можно представить в виде

$$y_t = A_t - (\xi_t + \theta_t - u_t)^2 .$$

Пересчетная модель в этом случае имеет вид $y_t^{\Pi i} = A_t - (u_t + \sqrt{A_t - y_t} - u_t^i)^2$.

Целевые функции каналов начиная со второго опишем в виде

$$f_t^i = \sigma^i(y_t) - \chi^i(y_t, y_t^{\Pi i}) - \zeta^i(u_t^i, u_t^*) ,$$

где $\sigma(y_t)$ – функция поощрения за результат y_t;

$\chi(y_t, y_t^{\Pi i})$ – функция штрафов за отклонение результата от апостериорной оценки,

$\zeta^i(u_t^i, u_t^*)$ – функция затрат за отклонение выбранного управления от некоторого неизвестного наилучшего u_t^*.

Примем, что целевая функция собственника равна $\Phi = \sum_{t=0}^{T} (A_t - y_t)^2$. Как следует из [9] одной из наилучших функций стимулирования является

$$\sigma^i(y_t) - \chi^i(y_t, y_t^{\Pi i}) = \alpha^i y_t - \beta^i \mid y_t - y_t^{\Pi i} \mid,$$

где коэффициенты α^i и β^i подбираются эмпирически.

Заметим, что результаты выбора управлений каналами, а также информация о результате y_t и его оценок $y_t^{\Pi i}$, может быть использована для обучения ИИ в первом канале и совершенствования навыков водителя в о втором канале управления.

В данной работе новыми являются следующие положения и результаты: предложена структура многоканального механизма с учетом специфики управления ТС, каналов тренинга и обучения персонала. Описана математическая модель такого механизма и предложены пересчетные модели, функции стимулирования водителя, стажеров и учеников.

Список литературы

1. Малыгин И. Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 6-13.
2. Малыгин И. Г., Сильников М.В. Применение интеллектуальных систем транспортной безопасности в мегаполисах: проблемы и перспективы // Научно-технический журнал «Вопросы оборонной техники», Серия 16 «Технические средства противодействия терроризму». 2014. Выпуск 3-4 (69-70). С. 76-82.
3. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов. – М.: Наука, 1989. – 245 с.
4. Авдеев В.П., Белостоцкий А.А., Мышляев Л.П. и др. Стимулирование человеко-машинного взаимодействия в АСУТП // Приборы и системы управления. 1978. № 1. С. 12-16.
5. Авдеев В.П., Бурков В.Н., Еналеев А.К. Многоканальные активные системы // Автоматика и телемеханика. 1990. № 11. С. 106-116.
6. Авдеев В.П., Бурков В.Н., Киселева Т.В. Многовариантные активные системы // Автоматика и телемеханика. 2001. № 10. С. 118.
7. Механизмы управления. Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль: учебное пособие / Под. ред. Д.А. Новикова. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – 216 с.
8. Mechanism Design and Management. Mathematical Methods for Smart Organizations/ Business Issues, Competition and Enterpreneurship, – NOVA publishers, New York. 2013. 187 p.
9. Еналеев А.К., Саматов Р.А. Анализ и синтез механизмов управления в двухканальных активных системах // Системы управления и информационные технологии, 2016. № 4 (66). С. 28-34.
10. Цыганов В.В. Принципы построения информационной теории больших транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 15-18.
11. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. – СПб.: ИПТ РАН. 2016.

УДК 519.876.2, 004.89

О МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПО ВНУТРЕННИМ ВОДНЫМ СУДОПРОПУСКАМ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Лукомская Ольга Юрьевна *– кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук
доцент кафедры корабельных систем управления
ФГАОУВО Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Асаул Анатолий Николаевич *– доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный строитель РФ, профессор кафедры экономики строительства и ЖКХ*
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Кураков Андрей Валерьевич *– кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. Рассматривается моделирование управления движением транспортных потоков в линейных транспортных сетях, таких как речные каналы с системой шлюзования. Приведены математическое описание и графические решения конфликтных ситуаций в узлах обслуживания транспортных потоков. Интеллектуализация логистических систем связана с автоматическим поиском решений в пространстве его состояний, что интерпретируется логикой исчисления предикатов первого порядка.

Ключевые слова: транспорт, транспортные потоки, планирование, управление, согласованное движение, моделирование, интеллектуальные транспортные системы.

ABOUT MODELING THE PROCESS OF CONTROL THE TRAFFIC OF TRANSPORT FLOWS ON INLAND WATER SHIPPINGS FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Lukomskaya Olga Yu. – Ph.D., Associate Professor, Leading Researcher of Laboratory of Intelligent Transport Systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences,
Associate Professor of the Department Ship Control Systems
Saint-Petersburg Electrotechnical University
Asaul Anatoliy N. – Doctor of Technical Sciences, Professor
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)
Kurakov Andrey V. – Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The modeling of traffic flow control in linear transport networks, such as river channels with a lock system, is considered. The mathematical description and graphic solutions to conflict situations in the service nodes of traffic flows are given. The intellectualization of logistics systems is associated with the automatic search for solutions in the space of its states, which is interpreted by the logic of calculating first-order predicates.

Keywords: transport, traffic flows, planning, control, coordinated movement, modeling, intelligent transportation systems.

В настоящее время проблемой в сфере водного транспорта является такое управление движением потоков транспортных средств (ТС), которое обеспечит оптимальное ресурсосбережение, безопасное движение, экологичность функционирования транспортной системы в целом, при этом технически обладая свойствами искусственного интеллекта.

По тематике моделирования движения ТС написано немало работ, в которых модели движения объектов выводятся на основе: кинематических законов [1,2], из теории клеточных автоматов [3], с применением вероятностных моделей [2,3], законов гидравлики и газодинамики [4,5]. Ряд работ посвящен имитационному моделированию в пакетах PTV Vision, в том числе с применением трилинейной модели EVA, гравитационные модели [6] и Any Logic [7].

Основные принципы управления в транспортном потоке таковы:

1) *структурирование транспортных потоков* – учитывает приоритеты обслуживания ТС, квалификацию вождения водителей ТС, индивидуальных особенностей ТС и водителей;

2) *согласованность и непрерывность движения* – определяется отсутствием нетехнологических простоев и исключением конфликтов в узлах обслуживания;

3) *рациональное использование технологических ресурсов транспортной системы*.

В основе любой системы управления лежат три технологических процесса [8-10]:

1) планирование – определяет расчетную траекторию движения (например, времена прохождения ТС через узлы обслуживания);

2) измерение (учет) текущего состояния (по заданным признакам) объекта управления;

3) регулирование (управление) – определяет отклонение фазовой точки от заданной траектории посредством анализа результата работы ТС в смежные промежутки времени, осуществляет формирование на основе этой информации компенсирующих управляющих воздействий и по возможности возврат этой точки на плановую траекторию.

Управление движением судов

При прохождении трассы судопропуска возникают различные ситуации, при которых временные отклонения в узлах обслуживания от планируемых значений влекут за собой возникновение конфликтных ситуаций (рисунок) за обладание ресурса узла и, как следствие, нетехнологические простои судов по всей трассе. Поэтому на этом этапе моделирования ставится задача выявления таких отклонений во времени шлюзования и их временная компенсация (регулирование).

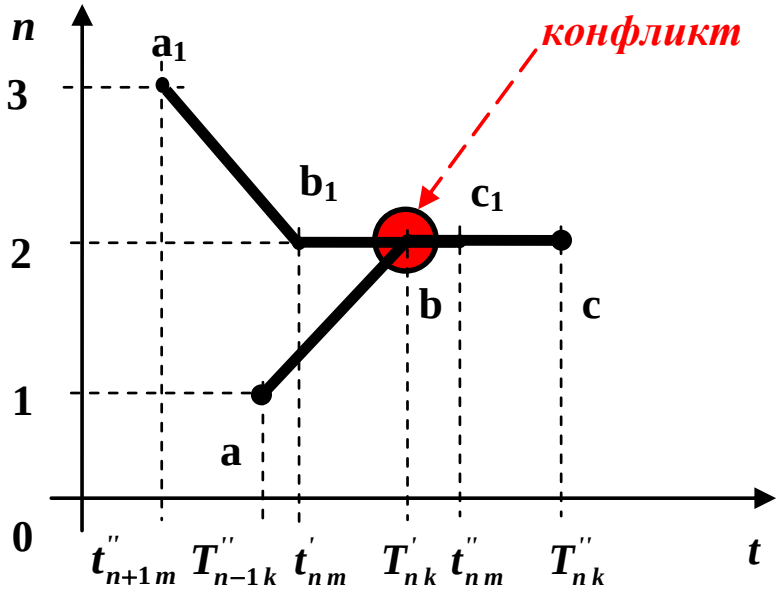


Рисунок – Конфликтная ситуация в узле обслуживания транспортных средств

Обозначения:

n – номера (наименования) шлюзов или трассу судопропуска в км;

t – времена движения и обслуживания транспортного объекта (мин.);

a ($T''_{n-1\,k}$) – время выхода k-го судна из n-1 узла (шлюза);

b ($T'_{n\,k}$) – время входа k-го судна в n-ый узел (шлюз);

c ($T''_{n\,k}$) – время выхода k-го судна из n-го (узла) шлюза;

ab ($T_{n\,k}$) – время движения k-го судна из n-1 в n узел (шлюз);

bc ($T^{o}_{n\,k}$) – время обслуживания k-го судна на n узле (шлюзе);

a_1($t''_{n+1\,m}$) время выхода m-го судна из n+1 узла (шлюза);

b_1($t'_{n\,m}$) – время входа m-го судна в n-ый узел (шлюз);

c_1($t''_{n\,m}$) – время выхода m-го судна из n-го узла (шлюза);

a_1b_1($t_{n\,m}$) – время движения m-го судна из n-1 в n узел (шлюз);

b_1c_1($t^{o}_{n\,m}$) – время обслуживания m-го судна на n узле (шлюзе).

Первый индекс (n) обозначает № шлюза, второй индекс, – № судна, двигающегося в одном направлении (k) или в другом (m) противоположному.

Алгоритм регулирования движения транспортного объекта можно представить в виде последовательности действий:

– определение случайного времени обслуживания ТС в каждом узле трассы;

– описание и решение конфликтных ситуаций в узле обслуживания (КСО);

– изменение времени движения объектов (временно́е регулирование параметров движения);

– составление «таблицы плана».

Исходными данными являются:

L_{ij} – расстояние между j-м и (j+1) узлами обслуживания, где находится i-ое судно;

$V_{\text{доп}}$ – допустимая скорость ТС;

$V_{\text{пл}}$ – планируемая скорость;

Δt – отклонение во времени шлюзования относительно планируемого времени.

Время, затраченное шлюзовыми механизмами на совершение операции подъема-спуска, соответствует 18-ти минутам; на вход (выход) выделено 12 минут (по 6 мин). Таким образом, если капитан судна строго соблюдает режимы управления, весь процесс шлюзования (обслуживания) потребует 30 минут. Это время примем за планируемое время обслуживания в узле T_0 (T_{quant}) [8,9].

Ранее [10] были введены некоторые графические обозначения движения транспортных средств – пиктограммы и пояснения к ним в табличной форме.

Сначала генерируем максимальное время хода между шлюзами, установленное правилами судоходства, а потом каждый шлюз просматриваем по 9-ти ситуациям КСО [10]. А затем при решении КСО это время только уменьшается, т.е. управление движением за счет ликвидации КСО в соответствии с таблицей плана.

Основные принципы формирования «таблицы плана»:

1. Обслуживание транспортных объектов во времени.

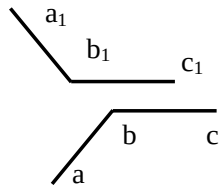
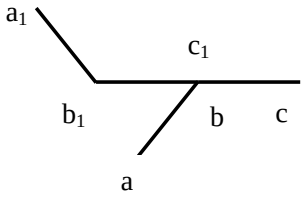
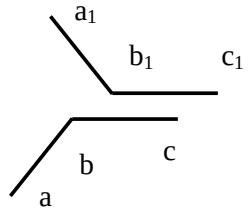
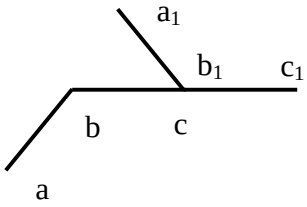
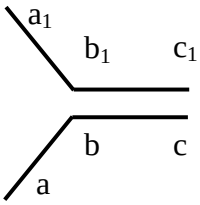
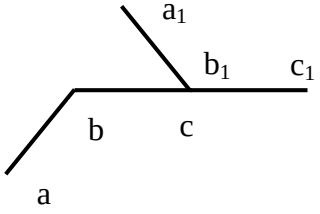
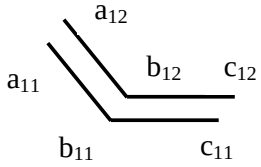
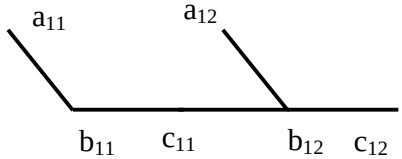
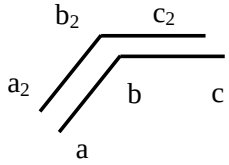
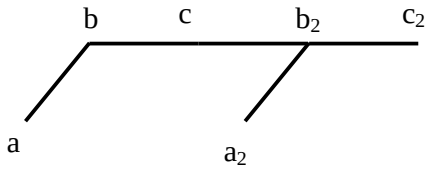
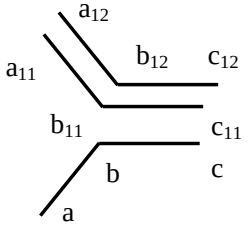
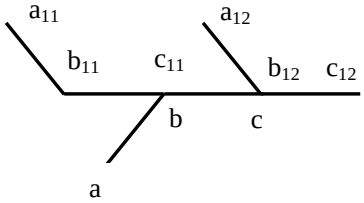
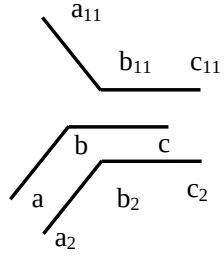
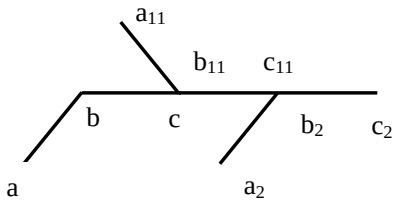
2. Исключение четвертых «ниток» (рассматриваются только конфликтная ситуация для 3-х транспортных объектов, тогда $S1$–$S7$ КСО).

3. В целях экономии временного, технического или других ресурсов следует придерживаться ресурсосберегающего режима обслуживания в узлах.

4. Введение приоритетов в обслуживании транспортных объектов.

Рассмотрим пиктограммы 7-ти конфликтных ситуаций движения транспортных объектов на узлах обслуживания и их графические и математические решения (таблица).

Таблица – Конфликты в узлах обслуживания и их решения

КСО	Логическое описание КСО	Логическое решение КСО (priority)
S1	 a+ab>a1+a1b1∨ b1<b<c1	 If a+ab>a1+a1b1, then b=c1& ab ↓↓ &c=b+bc
S2	 a+ab<a1+a1b1 ∨ a1<b<b1	 If a+ab<a1+a1b1, then b1=c & a1b1↓↓& c1=b1+b1c1
S3	 a+ab=a1+a1b1∨ b=b1	 If a+ab=a1+a1b1, then b1=c& a1b1↓↓ & c1 = =b1+b1c1
S4	 b11=b12	 If b11=b12, then b12=c11+δ & a12b12↓↓&c12=b12 +b12c12
S5	 b=b2	 If b=b2, then b2=c+δ & a2b2 ↓↓ & c2=b2+b2c2
S6	 b=b11=b12	 If b=b11=b12, then (b=c11) ∨ (b12=c) ab ↓↓)&(a12b12↓↓) (c=b+bc)&(c12=b12+b12c1 2)
S7	 b<(b2=b11)	 If b<(b11=b12), then (c=b11) ∨ (b2=c11) &(a11b11↓) (a2b2↓↓) (c11=b11+b11c11)& (c2=b2+b2c2)

Все сводится к 3-м действиям: описание ситуации *S* [10], регулирование *R*, формирование новой ситуации S_{new} (графическое решение приведено в [10]). Следует отметить, что в данном случае решение конфликтной ситуации заключается в управлении временем обслуживания.

Помимо разрешения конфликтных ситуаций типа *S*1, *S*2 необходимо обеспечить минимальный интервал следования между судами, идущими в одном направлении (*S*4, *S*5)

$$T_{\min} = 2 * T_{quant}.$$

Математическая запись условия возникновения конфликта на одном направлении КСО (*S*4, *S*5):

$$(a-b) < T_{min}.$$

Разрешение конфликта: $\delta = T_{min} - (a-b),\ b = b + \delta.$

Полученные отношения легко реализуются в программном коде с помощью простейших логических операторов.

Заключение

Следует отметить, что процесс регулирования позволит получить наиболее полную версию укладки судов (время обслуживания будет минимальным $T^{o}_{n\,k}, t^{o}_{n\,m} \to \min$); принцип регулярности и однородности транспортного потока движения, выработанный на стадии планирования, сохраняется, но меняется только время обслуживания $T^{o}_{n\,k}, t^{o}_{n\,m}$. В дальнейшем, разработанная «таблица плана» может стать основой нейросетевого управления в интеллектуальной системе судопропуска.

Список литературы

1. Таранцев А.А., Лукомская О.Ю., Васьков В.Т., Нодь А.П. Об описании движения транспортных объектов на основе модели «интеллектуальная жидкость» // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. С. 237-247.

2. Попов С. А., Трифанов В. Н.Самоорганизация в коммуникационных средах. – СПб.: матералы IV Международного конгресса РАН. 2006. С. 24-31.

3. Потапова И.А., Бояршинова И.Н., Исмагилов Т.Р. Методы моделирования транспортного потока // Фундаментальные исследования. 2016. № 10-2. С. 338-342.

4. Иванова А.Д. Разработка моделей задач математического программирования на основе многослойного графа // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Т. 8, № 3. URL: http//naukovedenie.ru/PDF/85TVN316.pdf (дата обращения 18.10.2019).

5. Грибова В.В., Шамрай Н.Б., Федорищев Л.А. Моделирование транспортных потоков в развивающейся городской инфраструктуре с использованием инструментального комплекса для создания интерактивных виртуальных сред // Автоматика и телемеханика. 2017. Вып. 2. С. 50-64.

6. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Моделирование транспортных потоков мегаполиса с вводом новых видов водного внутригородского пассажирского транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 2 (30). С. 69-80.

7. Тимченко В.С. Применение новых информационных продуктов, разработанных в имитационной среде AnyLogic для решения нетривиальных задач отечественной экономики в общем и их применение в корпоративные информационные системы центров подготовки персонала, в частности // Фундаментальные исследования, методы проектирования, про-

граммно-техническая платформа корпоративных информационных систем: материалы XV Национальной молодежной научно-практической конференции. 2017. С. 225-226.

8. Кокаев О.Г., Лукомская О.Ю. Самоорганизация транспортных процессов: модели и приложения // Мир транспорта. 2009. Т. 7, № 3 (27). С. 4-13.

9. Лукомская О.Ю. Система информационной поддержки планирования и регулирования транспортного процесса на внутренних водных путях // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2007. № 10. С. 16-20.

10. Лукомская О.Ю., Трифанов В.Н. Об управлении движением транспортных потоков // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2009. № 5. С. 39-44.

УДК 338.47

СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИИ

Палкина Елена Сергеевна *– доктор экономических наук, профессор кафедры инновационной экономики*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Аннотация. Рассмотрены основные направления улучшения текущего состояния транспортной системы в Российской Федерации с позиций увеличения скорости доставки грузов и пассажиров. Особое внимание уделено необходимости организации отечественного производства высокоскоростного моторвагонного подвижного состава, внедрению высоких технологий, специализированной подготовке кадров для высокоскоростных транспортных систем, повышению информационной безопасности на транспорте, усилению социальной ответственности бизнеса.

Ключевые слова: инновационные технологии, высокоскоростные транспортные системы, системные решения, социально-экономическое развитие, наземный транспорт.

SYSTEM SOLUTIONS FOR DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED LAND TRANSPORT IN RUSSIA

Palkina Elena S. – Doctor of Economics, Professor of Innovation Economics Department

State Marine Technical University

Abstract. The main directions of improving the current state of the transport system in the Russian Federation from the standpoint of increasing the speed of delivery of goods and passengers have been presented. By the way, special attention is paid to the need to organize the domestic production of high-speed motor car rolling stock, introduction of high technologies, specialized personnel training for high-speed transport systems, improving information security in transport, strengthening social responsibility of business.

Keywords: innovative technologies, high-speed transport systems, system solutions, social and economic development, land transport.

Транспорт оказывает значительное влияние на уровень и темпы социально-экономического развитии страны. Так, по данным Росстата за 2018 год, удельный вес численности занятых в этой отрасли, составляет 7,4%, удельный вес в инвестициях на развитие экономики: 17%, удельный вес в основных производственных фондах страны: 22,1% [1]. В целом доля транспорта в валовой добавленной стоимости в 2018 году составила 7%, грузооборот: 5644 млрд. т-км, пассажирооборот: 594,4 млрд. пасс.-км [1].

Транспорт обслуживает все отрасли народного хозяйства, всех субъектов экономики и участвует в создании стоимости продукции других отраслей. Форсированное развитие транспорта является императивом экономического роста в стране и повышения качества жизни населения. Сегодня, когда товар можно заказать и оплатить одномоментно посредством сети «Интернет», время доставки является главным конкурентным преимуществом и основной управленческой задачей транспортных организаций. Особую нишу занимает высокоскоростной наземный транспорт.

Стратегически важным для России в целях реализации модели опережающего развития экономики является осуществление в ближайшей перспективе инновационных проектов, содержащих новые технические и технологические решения по улучшению скоростных параметров транспортных средств, увеличению пропускной способности транспортной инфраструктуры.

Следует отметить текущее отставание темпов развития отечественного железнодорожного транспорта по сравнению с автомобильным, воздушным.

В настоящее время в России отсутствуют выделенные высокоскоростные железнодорожные магистрали. Так, курсирование единственных на сегодня в России высокоскоростных поездов «Сапсан» между Москвой и Санкт-Петербургом осуществляется с использованием действующей инфраструктуры, что снижает показатели эффективности работы грузовых составов и скоростных и пассажирских поездов, которые вынуждены простаивать в ожидании следования поездов «Сапсан», либо перемещаться по более дальним маршрутам. При этом, как показывают последние данные ОАО «РЖД», спрос на эти перевозки существенно вырос за последние годы, что привело к увеличению количества сдвоенных поездов «Сапсан». Эта услуга успешно конкурирует с воздушным транспортом на авиасообщении «Санкт-Петербург – Москва». Несвоевременное решение проблемы низкой пропускной способности действующей железнодорожной инфраструктуры может привести к большему снижению эффективности используемых ресурсов, понижению степени удовлетворенности транспортной услугой на этом виде транспорта, оттоку клиентов и, как следствие, уменьшению прибыли, сокращению инвестиционного потенциала и темпов экономического роста.

Необходимо отметить, ускорение доставки грузов и пассажиров, оптимизация логистики способствуют достижению значительных положительных экономических эффектов на микро-, мезо и макроуровнях экономики. Как показывают результаты проведенного исследования, при оценке эффективности инвестиционных проектов, предусматривающих внедрение инновационных технологий на транспорте, основные экономические эффекты формируются не на микроуровне, т.е. напрямую, на уровне транспортной организации, реализующей капитальный проект, которые выражаются такими показателями инвестиционной привлекательности проекта, как: период окупаемости, внутренняя норма доходности, чистая приведенная стоимость проекта и другие. По этим критериям на горизонте в несколько десятков лет инвестиции в проекты по развитию транспортной инфраструктуры могут не окупаться с учетом дисконтирования денежных потоков, поскольку значение коэффициента дисконтирования на таком большом временном интервале стремится к нулю.

Экономическая эффективность инновационных проектов на транспорте выходит за рамки отдельного предприятия. Основные положительные эффекты генерируются на мезо- и макроуровнях, и это – косвенные социально-экономические эффекты, которые формируют мультипликативный внетранспортный эффект.

Эффективные транспортные системы обеспечивают экономические и социальные возможности соответствующего этапа развития общества и конкурентные преимущества национальной экономики: улучшение доступа к рынкам, рост занятости населения, дополнительные инвестиции в бизнес, создание высокопроизводительных рабочих мест, прирост туристического потока, ускорение темпов экономического роста, увеличение доходов бюджета всех уровней, формирование конурбаций (городских агломераций полицентрического типа), повышение уровня экономической безопасности, усиление социально-экономической интеграции российских регионов, децентрализацию офисов крупных компаний, рационализацию загрузки транспортной инфраструктуры, повышение экологичности, безопасности перево-

зок, улучшение качества транспортного обслуживания клиентов, сокращение бюджетных расходов, обусловленных аварийностью на транспорте, повышение мобильности населения, усиление конкурентоспособности отечественных компаний на мировом рынке. Инновационное обновление транспортных систем, в свою очередь, становится мультипликатором экономического роста, генерируемого эффективностью новых продуктов, технологий и приращением добавленной стоимости сферы обращения.

В рамках программы организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации предусмотрена реализация 20 инвестиционных проектов, что позволит организовать более 50 скоростных маршрутов, по которым будет совершаться, по оценкам экспертов, не менее 84 миллионов поездок в год. Общая протяженность скоростных и высокоскоростных магистралей (ВСМ) превысит 7000 км.

Первая в России ВСМ «Москва-Казань» длина трассы – 770 км, время в пути сократится с 14 до 3,5 часов. Общая численность населения в регионах прохождения ВСМ – около 30 млн. человек. Проект поддерживают 85% жителей территории прохождения ВСМ. Уже на этапе строительства будет создано более 300 тысяч рабочих мест, а регионы получат дополнительные доходы. Благодаря агломерационным эффектам совокупный прирост ВВП составит около 12 трлн. руб. Значительно повысится уровень жизни в регионах трассы, и прекратится отток населения из средних и малых городов. Реализация проекта станет локомотивом для развития традиционных и высокотехнологичных отраслей экономики, создаст дополнительный стимул для макроэкономического роста [2]. Для успешной, эффективной реализации мегапроекта по созданию сети ВСМ в России необходимо неотложное решение ряда системных вопросов.

В первую очередь, в России требуется создать собственную производственную базу по выпуску высокоскоростного моторвагонного подвижного состава на основе взаимовыгодной экономической кооперации ведущих промышленных предприятий отрасли, которые владеют соответствующими технологиями, знаниями, компетенциями железнодорожного машиностроения, обладают достаточным инвестиционным потенциалом, а также имеют опыт локализации производства подвижного состава для железных дорог и его компонентов совместно с зарубежными предприятиями, развивают международное индустриальное стратегическое партнерство. Так, по мнению экспертов, в стране существует дефицит высокотехнологичных решений по ряду ключевых компонентов: тяговой системы, тележки, кузова вагона, сцепных устройств, тормозных систем [3]. Кроме того, локализация в России производства подвижного состава для ВСМ на основе как технологического трансфера зарубежных инновационных разработок, так и внедрения собственных уникальных решений позволит значительно снизить инвестиционную стоимость высокоскоростных поездов и затраты на их техническое обслуживание и ремонт.

При организации высокоскоростных перевозок в стране важно обеспечить внедрение новых перспективных технологий – «технологий будущего», обладающих существенными преимуществами по сравнению с традиционными. Так, например, радикальное повышение эффективности функционирования транспортно-логитической системы может быть обеспечено посредством имплементации магнитолевитационной технологии с линейным тяговым электродвигателем, которая в настоящее время приходит на смену классической высокоскоростной железнодорожной технологии, основанной на принципе «колесо – рельс» с электрической тягой.

В магнитолевитационной транспортной технологии используется эффект отталкивания одноименных и притягивания разноименных полюсов постоянных или электро-магнитов. Расположение магнитов определенным образом в путевой структуре и на подвижном составе позволяет получить левитацию. Подвижной состав оказывается «подвешенным» над путевой инфраструктурой. К преимуществам магнитолевитационного транспорта относятся: высокая скорость движения (500 и более км/ч), безопасность, экологичность (несущественный уровень шума за счет отсутствия механического контакта подвижного состава с инфраструктурой и отсутствие выбросов загрязняющих атмосферу ве-

ществ), относительно низкое потребление энергии, невысокие расходы на техническое обслуживание линии [4].

Особое внимание следует уделить профессиональной подготовке кадров для высокоскоростных транспортных систем, а именно: разработке образовательных программ для разных уровней и по различным направлениям, внесению изменений в федеральные государственные образовательные стандарты в части профессиональных компетенций, выделению необходимого числа бюджетных мест как для бакалавриата, так и для магистратуры. В настоящее время известны примеры специализированной подготовки кадров на базе ФГБОУ ВО ПГУПС в г. Санкт-Петербурге: реализуются магистерская программа «Экономика транспорта высоких скоростей», дополнительная образовательная программа профессиональной переподготовки «Менеджер высокоскоростных железнодорожных систем», разработана программа подготовки специалистов для магнитолевитационного транспорта [5,6]. Вместе с тем этот опыт предлагается распространить и на другие вузы, чтобы обеспечить ежегодный выпуск необходимого количества требуемых специалистов.

Большое значение имеет повышение информационной безопасности, поскольку интеллектуальные транспортные системы, базирующиеся на использовании цифровых технологий, таких, как: распределенный реестр, блокчейн, смарт-контракт и другие, аккумулируют большие данные для их последующей обработки и анализа, которым следует обеспечить надежную защиту от несанкционированного доступа, потерь. Это актуально и непосредственно для самой автоматизированной системы управления, которая осуществляет все функции менеджмента единой транспортно-логистической системы с использованием искусственного интеллекта, с тем, чтобы избежать конфликтных ситуаций на транспорте, повысить ее надежность и безопасность.

В дополнение, считаем приоритетным усиление социальной ответственности бизнеса в виде предоставления льгот, скидок с базовой цены на проезд по ВСМ, в сфере пассажирских перевозок, социально незащищенным категориям граждан (многодетным семьям, пенсионерам, лицам с особыми потребностями и др.), которые хотели бы воспользоваться услугами высокоскоростного железнодорожного транспорта, но не могут себе этого позволить по финансовым причинам, и на высокоскоростную перевозку социально значимых грузов – в сфере грузовых перевозок.

Как показали результаты проведенной в г. Санкт-Петербурге, в октябре 2019 года в Центральной городской библиотеке им. В.В. Маяковского открытой лекции на тему: «Эффективный высокоскоростной транспорт – в пространстве и времени…» в честь 30-летнего юбилея Санкт-Петербургского союза учёных, большинство вопросов, волнующих жителей города, было связано со стоимостью проезда и возможными льготами. Часть прибыли от высокодоходного сегмента «Деловой туризм» было предложено направлять на финансовую поддержку социальных программ, направленных на обеспечение доступности ВСМ для малообеспеченного населения. Тем более, что в информационном видеоролике, посвященном вопросам развития высокоскоростного сообщения в России и размещенном на youtube.com, отмечается, что «ВСМ – это транспорт для всех!» [2].

Бюджет субъекта Российской Федерации, по территории которого будет проходить ВСМ, будет пополняться за счет дополнительных поступлений в результате действия косвенного положительного экономического эффекта, в частности, от притока туристов в регион, увеличения субъектов малого и среднего предпринимательства (особенно в ресторанном, гостиничном бизнесе, в сфере торговли и бытовых услуг). Часть этих сверхдоходов, полученных благодаря запуску ВСМ, также предлагается направлять на компенсацию стоимости проезда социально незащищенных категорий граждан, с тем чтобы обеспечить мобильность и равные условия доступа к современной транспортной инфраструктуре. При этом плата за проезд по ВСМ безусловно должна быть ниже, чем стоимость авиабилета на аналогичном маршруте.

Системное решение вышеперечисленных вопросов позволит обеспечить устойчивое и эффективное развитие России в долгосрочной перспективе. Особенно важно учитывать при создании ВСМ на полуострове Крым [7] накопленный опыт других субъектов Российской

Федерации в этой области. В целом, высокоскоростные транспортные системы управления должны быть спроектированы таким образом, чтобы способствовать повышению качества транспортного обслуживания, мобильности населения, безопасности перевозок, снижению транспортных расходов, сокращению времени доставки, ожидания транспорта, минимизации его негативного влияния на окружающую среду, укреплению рыночных позиций предприятий, региональных экономик, страны посредством поддержки их конкурентных преимуществ и реализации стратегий развития.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ No 18-410-920016 в рамках инициативного проекта, проводимого совместно с Правительством Севастополя на тему: «Исследование социально-экономических и экологических процессов города Севастополя с ростом индустриального, транспортно-транзитного и туристического потенциалов».

Список литературы

1. Россия в цифрах. 2019. – М.: Росстат. 2019. – 549 с.
2. ВСМ в России. URL: https://www.youtube.com/watch?v=nMo3SOrLdLc (дата обращения: 03.10.2019).
3. Виньков А. ВСМ как технологический вызов // Эксперт. 2019. № 23. URL: https://expert.ru/expert/2019/23/vsm-kak-tehnologicheskij-vyizov/ (дата обращения: 12.10.2019).
4. Палкина Е.С., Морозова Е.И. Интегральная оценка инновационных проектов высокоскоростного наземного транспорта на основе стейкхолдерского подхода // Бюллетень результатов научных исследований. 2018. № 3. С. 71-83.
5. Палкина Е.С. Ретроспекция методов технико-экономического обоснования проектов развития транспортной инфраструктуры // Августин Бетанкур: от традиций к будущему инженерного образования: материалы Международной научно-практической конференции. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС. 2018. С. 133-135.
6. Зайцев А.А., Шматченко В.В., Плеханов П.А., Роенков Д.Н., Иванов В.Г. Разработка программы подготовки специалистов для магнитолевитационного транспорта // Августин Бетанкур: от традиций к будущему инженерного образования: материалы Международной научно-практической конференции. СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС. 2018. С. 84-88.
7. Логинов Н. Минтранс рассматривает перспективные проекты строительства ВСМ в Крым. URL: https://www.gudok.ru/news/?ID=1357839 (дата обращения: 15.10.2019).

УДК 338.47:656 (470.1/.2)

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ И КЛАССИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНГЕЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ

Киселенко Анатолий Николаевич *– доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории проблем транспорта*

Малащук Пётр Александрович *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта*

Фомина Ирина Валерьевна *– научный сотрудник лаборатории проблем транспорта*

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера

ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы оценки транспортной доступности с помощью классического и модифицированных показателей Энгеля. Приведены результаты сравнительного анализа применения этих показателей на территории Европейского и Приуральского Севера России. Показано, что расчет классического и модифицированных

показателей Энгеля следует рассматривать как вспомогательные характеристики при оценке транспортной доступности региона.

Ключевые слова: опорная транспортная сеть, оценка транспортной доступности, классический показатель Энгеля, модифицированный показатель Энгеля, Европейский и Приуральский Север России, приведенная длина, модифицированная формула, сравнительный анализ динамики.

MODIFIED AND CLASSICAL ENGEL'S INDICATORS FOR ASSESSMENT OF TRANSPORT ACCESSIBILITY

Kiselenko Anatoliy N. – D.Sc. (Eng.), D.Sc. (Econ.), Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of transport problem

Malashuk Petr A. – Ph. D. (Eng.), Senior Researcher of the Laboratory of transport problem

Fomina Irina V. – Researcher of the Laboratory of transport problem

Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS

Abstract. The article deals with the issue of evaluation of transport accessibility, by means of classical and modified Engel's indicators. The results of comparative analysis of the application of the indicators for the European and Cis-Urals North of Russia are given. In is shown that the calculation of classical and modified Engel's indicators should be considered as auxiliary characteristics in the assessment of regional transport accessibility.

Keyword: basis transport network, assessment of transport accessibility, classical Engel's indicator, modified Engel's indicator, European and Cis-Urals North of Russia, specified length, modified formula, comparative analysis of dynamics.

Как показали ранее проведенные исследования [1] основу транспортной доступности территории Европейского и Приуральского Севера России (ЕиПСР) составляет текущая и перспективная опорная транспортная сеть региона, поскольку ее наличие обеспечивает доступность транспортных услуг между основными населенными пунктами и экономическими центрами рассматриваемого региона. Были проанализированы основные подходы, применяемые отечественными [2] и зарубежными исследователями [3] для определения транспортной доступности региона.

Среди отечественных исследователей одним из распространенных способов, применяемых для оценки транспортной доступности территории региона, является расчет показателя Энгеля (Энгеля-Като) и его известных вариаций (Гольца, Успенского и Василевского [4]). При этом некоторые из авторов [5,6] отмечают, что использование показателя Энгеля и его известных вариаций не позволяют оценить уровень развития транспорта. В этой связи необходимо отметить наличие среди отечественных исследований работ (например, [7]), где используется формула видоизменного показателя Энгеля.

Цель исследования – определить насколько показатель Энгеля применим к оценке транспортной доступности территории ЕиПСР. Формула классического показателя Энгеля ($d_э$) имеет следующий вид [5,6]:

$$d_э = \frac{L\sqrt{V}}{\sqrt{SN}}, \qquad (1)$$

где:

L – общая эксплуатируемая протяженность транспортной сети на рассматриваемой территории (км);

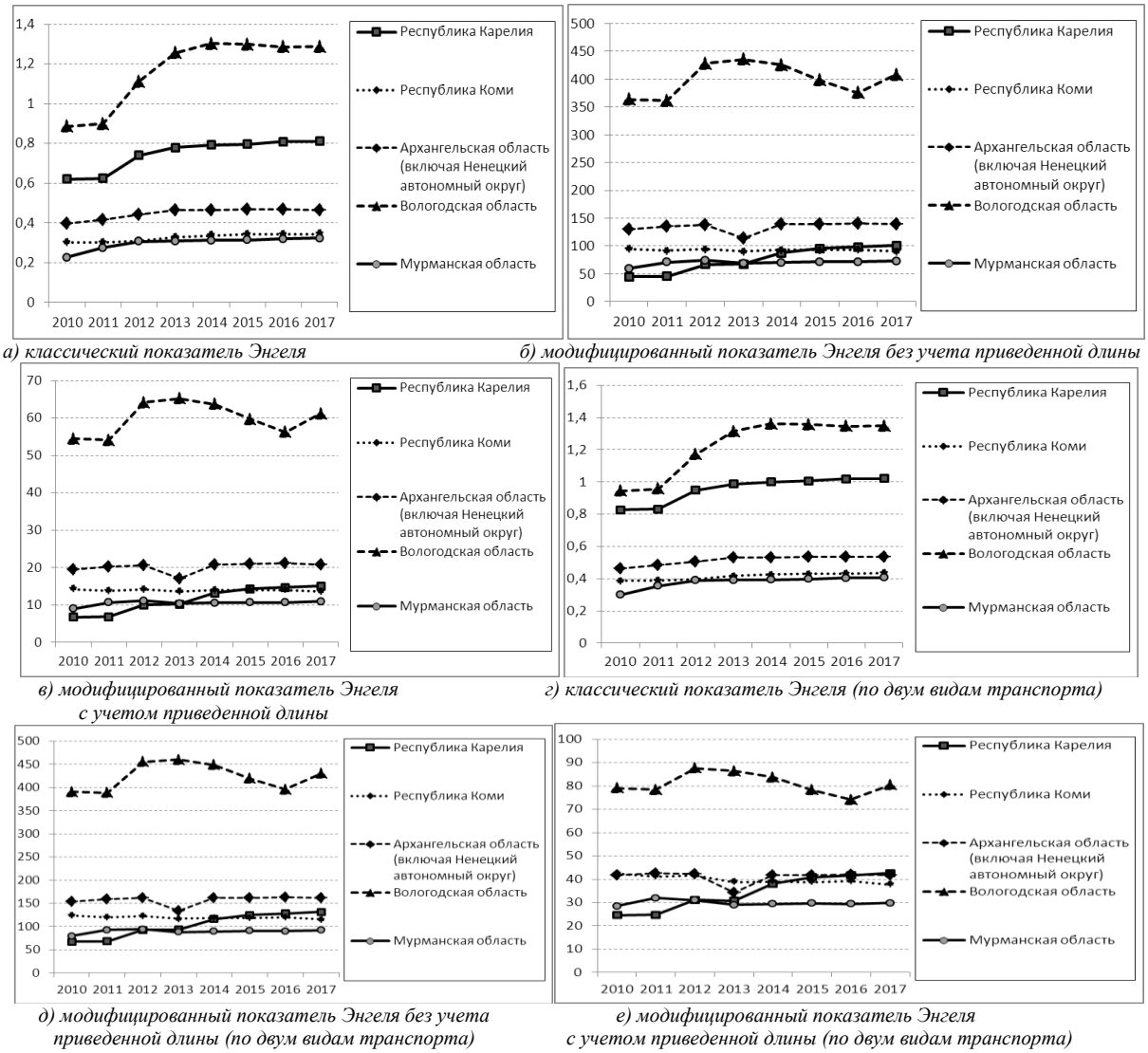
S – общая площадь рассматриваемой территории (км^2);

N – общее численность населения, проживающего на рассматриваемой территории (тыс. чел.).

В ходе исследования по субъектам ЕиПСР были рассчитаны классический и модифицированный авторами показатели Энгеля для автомобильного (рисунок), железнодорожного и по обоим видам транспорта.

Все расчеты осуществлялись на основании данных статистических сборников. Рассматривались несколько типов модификации классического показателя Энгеля: ввод в числитель формулы (1) дополнительной переменной – корень квадратный из объема пассажирских перевозок по видам транспорта (тыс. чел.) – без поправочного коэффициента Василевского и с поправочным коэффициентам Василевского [4]. Также была предложена формула для расчета модифицированного показателя Энгеля суммарно по двум видам транспорта (автомобильному и железнодорожному) [8]. Был проведен сравнительный анализ рассчитанных значений классического и модифицированных показателей Энгеля в динамике за 2010–2017 гг. по субъектам ЕиПСР.

Основанием для модификации известной формулы Энгеля (1) являлась необходимость обеспечить сопоставимость сравниваемых величин, которая позволяет оценить обеспеченность рассматриваемых субъектов транспортной сетью с учетом объема пассажирских перевозок. Более подробно обоснование для модификации этого показателя рассмотрены в работе [8]. На рисунке приведены результаты расчетов классического и модифицированных показателей Энгеля по субъектам ЕиПСР для автомобильного транспорта.



а) классический показатель Энгеля

б) модифицированный показатель Энгеля без учета приведенной длины

в) модифицированный показатель Энгеля с учетом приведенной длины

г) классический показатель Энгеля (по двум видам транспорта)

д) модифицированный показатель Энгеля без учета приведенной длины (по двум видам транспорта)

е) модифицированный показатель Энгеля с учетом приведенной длины (по двум видам транспорта)

Рисунок – Результаты расчета классического и модифицированных показателей Энгеля по субъектам ЕиПСР за 2010–2017 гг.
(Примечание: для автомобильного транспорта, если не указано иначе)

Также были получены результаты расчета классического и модифицированных показателей Энгеля по субъектам ЕиПСР за 2010–2017 гг. для железнодорожного транспорта.

В целом, результаты исследования показали, что применение классического показателя Энгеля не позволяет однозначно интерпретировать полученные значения такой оценки.

Модифицированный показатель позволяет сравнить обеспеченность территории и проживающего на ней населения транспортной сетью с учетом пассажирских перевозок на ЕиПСР.

Применение модифицированного показателя Энгеля с поправочным коэффициентом Василевского позволило учесть приведенную длину путей сообщения рассматриваемого региона.

Таким образом, модифицированный показатель Энгеля следует рассматривать как один из элементов комплексной оценки транспортной доступности территории ЕиПСР, как вспомогательную характеристику, позволяющую оценить уровень обеспеченности транспортной сетью рассматриваемой территории.

Список литературы

1. Киселенко А.Н. Опорная транспортная сеть и транспортная доступность северного региона // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019: материалы Международной научно-практической конференции. СПб.: ИТП РАН. 2017. С.73-75.

2. Дубовик В.О. Методы оценки транспортной доступности территории // Региональные исследования. 2013. № 4 (42). С. 11-18.

3. Малащук П.А. Зарубежный опыт оценки транспортной доступности // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2018: материалы VI Всероссийской научной-практической конференции (с международным участием): Сыктывкар, ООО «Коми республиканская типография». 2018. Ч. 2. С. 220-224.

4. Транспортная система мира / под общ. ред. С.С. Ушакова, Л.И. Василевского. М.: Транспорт, 1971. – 214 с.

5. Каючкин Н.П. Географические основы транспортного освоения территории. Новосибирск: Наука, 2003. – 167 с.

6. Аксенов И.Я. Единая транспортная система. М.: Высшая школа, 1991. – 338 с.

7. Селиверстов С.А. Разработка показателей транспортной обеспеченности // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. Вып. 4. С. 48-63.

8. Киселенко А.Н., Малащук П.А. Фомина И.В. Исследование транспортной доступности Европейского и Приуральского Севера России на основе модифицированного показателя Энгеля // Региональная экономика: теория и практика. 2019. Т. 17, № 9. С. 1668-1680.

УДК 338.47:656 (470.1/.2)

ОЦЕНКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ЕВРОПЕЙСКОГО И ПРИУРАЛЬСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

Малащук Петр Александрович *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта*

Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Аннотация. Целью работы является оценка железнодорожной транспортной доступности опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России. Проведя анализ железнодорожной сети, оценена доступность входящих в нее вершин на основании расчета индекса Шимбелла. Рассмотрены варианты изменения доступности опорной

транспортной сети рассматриваемого региона при реализации крупных транспортных проектов (Белкомур, Баренцкомур и др.).

Ключевые слова: опорная транспортная сеть, Европейский и Приуральский Север России, железнодорожный транспорт, транспортные проекты, транспортная доступность, индекс Шимбелла, матрица связности.

ASSESSMENT OF RAILWAY TRANSPORT ACCESSIBILITY OF THE EUROPEAN AND URALS NORTH OF RUSSIA

Malashchuk Petr A. – PhD, Senior Researcher of the Laboratory of transportation problems
Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS

Abstract. The aim of the work is to assess the railway transport accessibility of the supporting transport network of the European and Ural North of Russia. After analyzing the railway network, the accessibility of its peaks was estimated based on the calculation of the Shimbella index. Options for changing the availability of the core transport network of the region in question during the implementation of large transport projects (Belkomur, Barentskomur, etc.) are considered.

Keywords: basic transport network, European and Cis-Ural North of Russia, railway transport, transport projects, transport accessibility, Shimbella index, connectivity matrix.

Согласно определению [1] опорная транспортная сеть (ОТС) региона представляет собой множество узлов (пунктов) и связывающих их путей сообщений, обеспечивающих доступность транспортных услуг между основными населенными пунктами и экономическим центрами. Важной составляющей ОТС является железнодорожная сеть Европейского и Приуральского Севера России (ЕиПСР), соединяющая Архангельскую, Вологодскую и Мурманскую области, республики Карелия и Коми, часть Ямало-Ненецкого автономного округа, а в перспективе – Ненецкий автономный округ.

Развитие железнодорожной опорной транспортной сети ЕиПСР связано с реализацией крупных транспортных проектов: Белкомур (обеспечение транспортной связи Среднего Урала через Республику Коми с портами Архангельска и Мурманска), Баренцкомур (обеспечение транспортной связи Среднего Урала с перспективным портом Индига), Северный широтный ход (транспортный выход Ямало-Ненецкого автономного округа и севера Красноярского края на железнодорожные магистрали Европейской части России и побережья Северного ледовитого океана), Карскомур (продление железной дороги от г. Воркуты (Хальмер-Ю) до п. Усть-Кара). Более подробно данные проекты рассмотрены в работах [2,3]. Их реализация позволит увеличить связность сети и повысить транспортную доступность субъектов ЕиПСР.

Оценку транспортной доступности на основании анализа графа существующей транспортной сети возможно осуществлять топологическими методами [4-7]. При этом обычно рассматривается наличие или отсутствие связи между вершинами, а количественные характеристики этих связей (расстояние, время и т.п.) остаются за рамками исследования. В некоторых случаях используются ориентированные ребра (например, в случае, если связь между узлами осуществляется только в одном направлении). Данные методы отличаются большим разнообразием: от простой оценки количества узлов, связанных одним ребром с исследуемым узлом, до сложных методов, включающих анализ цикличности сети с использованием математико-статистических методов.

Одним из методов является расчет индекса Шимбелла (A_i), согласно которому доступность вершины определяется суммой кратчайших топологических расстояний между данной и всеми остальными вершинами графа. Индекс рассчитывается по следующей формуле:

$$A_i = \sum_{j=1}^{n} d_{ij}\,, \tag{1}$$

где A_i – показатель доступности вершины i; d_{ij} – топологическое расстояние (минимальное количество ребер между вершинами i и j); n – количество вершин в графе.

Индекс A_i характеризует доступность для конкретной вершины i. Для всех узлов сети транспортную доступность A определяют суммированием показателей индекса Шимбелла.

$$A = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} d_{ij}\,. \tag{2}$$

Предварительно строится матрица связности, отражающая топологическое расстояние между всеми парами узлов в сети. Индекс Шимбелла для каждого из узлов получается путем суммирования значений по строкам или столбцам. Узел, имеющий наименьший показатель индекса, обладает самой высокой доступностью.

В настоящей работе проведена оценка железнодорожной транспортной доступности ЕиПСР при реализации отдельных транспортных проектов и их комбинаций на основании расчета индекса Шимбелла. В качестве основы взята железнодорожная ОТС (рисунок 1), обоснование вершин и дуг которой представлено в монографии [8].

На основании графа железнодорожной ОТС ЕиПСР заполняется матрица связности (рисунок 2), в которую заносятся наименования вершин и количество связей (дуг) между ними. При наличии нескольких вариантов соединения вершин, в ячейку заносится число с минимальным значением связей. В заполненной таблице суммируются строки и вычисляются индексы Шимбелла для каждой вершины и в целом по матрице.

Рисунок 1 – Опорная транспортная сеть Европейского и Приуральского Севера России (фрагмент)

Для оценки перспективной транспортной доступности железнодорожной сети ЕиПСР при реализации транспортных проектов на основании индекса Шимбелла в граф ОТС вносятся дополнительные дуги и, при необходимости, вершины. Для каждого нового графа строится и заполняется матрица связности, а также рассчитываются соответствующие показатели.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2			№ на карте	1	11	12	13	14	15	16	2	21
3	№ п/п	№ на карте	Наименование узла	Архангельск	Онега	Обозерский	Няндома	Коноша	Вельск	Котлас	Вологда	Череповец
4	1	1	Архангельск	-	2	1	2	3	4	5	4	5
5	2	11	Онега	2	-	1	2	3	4	5	4	5
6	3	12	Обозерский	1	1	-	1	2	3	4	3	4
7	4	13	Няндома	2	2	1	-	1	2	3	2	3
8	5	14	Коноша	3	3	2	1	-	1	2	1	2
9	6	15	Вельск	4	4	3	2	1	-	1	2	3
10	7	16	Котлас	5	5	4	3	2	1	-	3	4

Рисунок 2 – Матрица связности опорной транспортной сети (фрагмент)

Необходимо учитывать, что при сравнении нескольких сетей та, для которой показатель ниже, обладает более высокой внутренней доступностью входящих в нее вершин.

Анализируя таблицу видно, что реализация проекта Белкомур позволяет увеличить транспортную доступность существующей ОТС без привлечения дополнительных вершин на 14,7%. Наименьшее значение индекса Шимбелла (лучшая транспортная доступность) при сравнении трех графов с одинаковым числом вершин наблюдается при совместной реализация проектов Белкомур и Баренцкомур. Из таблицы видно, что вершины с наибольшей транспортной доступностью железнодорожной ОТС, и при реализации большинства транспортных проектов находятся в Архангельской области, а при осуществлении всех планов данная вершина будет располагаться в Республике Коми (вершина Микунь).

В результате получены значения транспортной доступности по критерию Шимбелла (таблица) для железнодорожной ОТС и шести вариантов ее развития.

Таблица – Транспортная доступность ЕиПСР при реализации транспортных проектов

Транспортная доступность		Число вершин сети	Индекс Шимбелла по сети	Вершина с наименьшим индексом Шимбелла
Опорная транспортная сеть		32	5302	Коноша
Транспортные проекты	Белкомур	32	4522	Обозерский
	Карскомур	33	5852	Коноша
	Северный широтный ход	34	6470	Коноша
	Баренцкомур	34	5887	Коноша
	Белкомур и Баренцкомур	34	5042	Архангельск
	Все проекты	39	7666	Микунь

Кроме относительной простоты рассмотренного метода оценки транспортной доступности необходимо отметить и существенные недостатки. При расчете учитывается только количественная составляющая связей между узлами, а степень сложности преодоления про-

странства между узлами не рассматривается. т.е. невозможно учесть количественные характеристики сети (длины ребер, длительности движения и др.).

Список литературы

1. Киселенко А.Н. Основы формирования опорной транспортной сети Европейского и Приуральского Севера России // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. СПб.: ИПТ РАН. 2017. – 475 с.

2. Киселенко А.Н. О развитии транспортной системы Европейского Севера России // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 11 (38). С. 2-11.

3. Киселенко А.Н., Малащук П.А. Сценарии развития наземного транспорта Европейского Северо-Востока и Приуральского Севера // Мир транспорта. 2015. № 4 (59). С. 138-153.

4. Мартыненко А.В., Петров М.Б. Влияние начертания транспортной сети на показатели доступности (на примере Свердловской области) // Региональные исследования. 2016. № 2 (52). С. 21-30.

5. Дубовик В.О. Методы оценки транспортной доступности территории // Региональные исследования. 2013. № 4 (42). С. 11-18.

6. Ветренко Е.А. Оценка транспортной доступности населенного пункта с использованием графов // Новая наука: стратегии и векторы развития. 2015. № 3. С. 13-15.

7. Чертко Н.К., Карпиченко А.А. Математические методы в географии. – Минск: Изд-во БГУ, 2008. – 202 с.

8. Транспорт Европейского и Приуральского Севера России / А.Н. Киселенко и др. Сыктывкар, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 2019. – 267 с.

УДК 656, 007; 004.81, 614.8; 007; 51-7, 351; 351.81; 351.78.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Селиверстов Ярослав Александрович *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*

Селиверстов Святослав Александрович *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. Анализируется опыт внедрения интеллектуальной транспортной системы в мегаполисах. Обосновывается актуальность построения интеллектуальной транспортной системы для республики Крым и города Севастополя. Приводится схема интеллектуальной транспортной системы Севастополя и дается описание ее назначению, функций и структуры. Демонстрируются результаты моделирования работы элементов интеллектуальной транспортной системы на тестовых участках улично-дорожной сети Севастополя. Даются рекомендации по дальнейшему функциональному развитию системы.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, умный город, управление транспортом

SIMULATION MODELING OF INTELLECTUAL TRANSPORT SYSTEM ELEMENTS FOR SEVASTOPOL CITY

Seliverstov Yaroslav A. – Candidate of Technical Sciences (Phd), Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems

Seliverstov Svyatoslav A. – Candidate of Technical Sciences (Phd), Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The relevance of building an intelligent transport system for the Republic of Crimea and the city of Sevastopol is substantiated. The experience of implementing intelligent transport system in megacities is analyzed. The intelligent transport system scheme of Sevastopol is given and its purpose, functions and structure are described. The results of modeling the operation of intelligent transport system elements on the test sections of the Sevastopol street-road network are demonstrated. Some recommendations are given on the further functional development of the system.

Keywords: intelligent transport system, smart city, transport management

Моделирование работы интеллектуальных транспортных систем *(ИТС)* для современных мегаполисов [1,2] является ключевой областью исследований, призванной обеспечить разработку эффективных решений в области современных систем управления безопасностью дорожного движения. Однако стоимость развертывания крупномасштабных испытательных стендов для анализа производительности этих решений непомерно велико. Поэтому наиболее целесообразно производить тестирование и моделирование работы отдельных элементов ИТС, а не всей системы в целом.

Интеллектуальная транспортная система предназначена для эффективного управления транспортными потоками (ТП), увеличения пропускной способности улично-дорожной сети за счет оптимального управления интенсивностью дорожного движения, предотвращения пробок, сокращения транспортных простоев, повышения безопасности движения, информирования участников дорожного движения о сложившейся дорожно-транспортной ситуации и оптимальных вариантах маршрута движения [3], обеспечения бесперебойного движения наземного городского пассажирского транспорта [4], упреждение и выявление нарушений правил дорожного движения [5-7], анализ структуры транспортного потока [8,9], обеспечения экологического контроля на транспортных магистралях и улично-дорожной сети [10]. Поэтому, внедрение современных систем управления дорожным движением в современных мегаполисах является крайне необходимым и своевременным шагом.

Транспортно-дорожный комплекс Крымского полуострова объединяет все виды магистрального транспорта: железнодорожный, автомобильный, морской, воздушный, внутригородской (электрический) транспорт, транспортную и терминально-складскую логистическую инфраструктуру, систему управления перевозками, включающую технические средства управления движением и информационное обеспечение.

Для Крымского региона роль транспортного сектора становится решающей в обеспечении поддержки роста всех секторов экономики полуострова.

Ключевыми проблемами современного состояния транспортной системы Крыма является высокий уровень автомобилизации с крайне низкой долей современного технологического и информационного обеспечения системами управления всем транспортным комплексом.

Как следствие происходит ухудшение экологической обстановки, возрастает вероятность возникновения ДТП, увеличивается время простоя пассажирского, грузового и лично видов транспорта, снижается качество транспортного и информационного обслуживания населения и туристов.

Построение ИТС для республики Крым и города Севастополя является важнейшей и первоочередной государственной задачей.

Постановка задачи. В рамках данного исследования будет представлена схема ИТС и продемонстрированы результаты моделирования и тестирования работы ее элементов, а именно:

1) визуальный спутниковый контроль над движением пассажирского транспорта;

2) мониторинг парковочных мест;

3) прокладка маршрутов следования;
4) мониторинг водного пассажирского транспорта;
5) координированное управление ТП;
6) прогноз распределения ТП;
7) управления дорожными знаками переменной информации;
8) видео-контроль соблюдения правил дорожного движения;
9)автоматизированный видео-контроль ТП по категориям ТС; 10) экологический мониторинг.

Основная часть

Разработанная на основе [7] схема ИТС Севастополя представлена на схеме на рисунке 1.

ИТС состоит из подсистемы управления транспортной подвижностью населения, подсистемы управления транспортом и дорожным движением, подсистемы анализа городской информации, подсистемы сбора транспортных, экологических и городских данных. ИТС осуществляет:

– сбор транспортных и экологических данных с сенсоров, датчиков, систем видео наблюдения, мобильных устройств и транспортных интернет ресурсов, передачу данных по каналам связи на устройства обработки информации, диспетчерские центры и мобильные пользовательские сервисы;

– анализ и хранение информации;

– выдачу управляющих и рекомендательных воздействий на элементы управления и пользовательские сервисы.

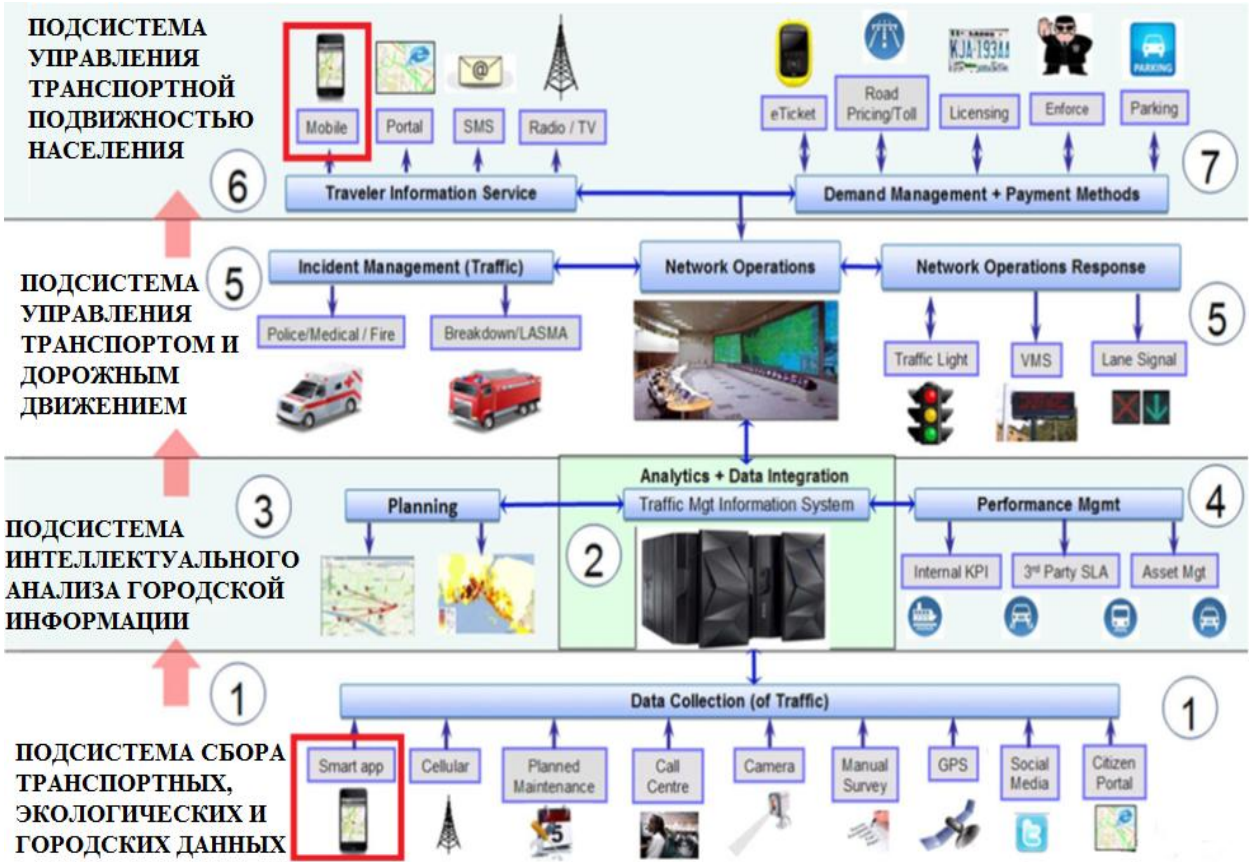


Рисунок 1 – Интеллектуальная транспортная система Крыма и г. Севастополя

Последовательно приведем выше обозначенные результаты моделирования работы элементов ИТС.

1) Моделирование процесса визуального контроля над движением по ул. Пожарова пассажирского транспорта по маршрутам 16, 112, 10а, 95, 83 и информирования пассажиров о местонахождении и времени прибытии пассажирского транспорта представлено на рисунке 2.

Рисунок 2 – Контроль пассажирского транспорта на ул. Пожарова

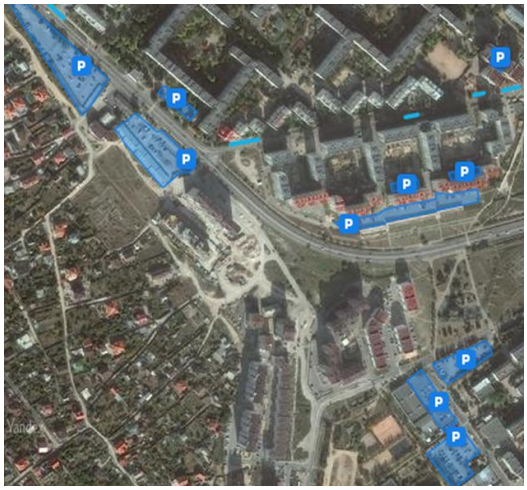


Рисунок 3 – Парковочные места на пересечении ул. Тараса Шевченко и Столетовского проспекта

2) Моделирование работы системы мониторинга парковочных мест на пересечении ул. Тараса Шевченко, ул. Колобова, Столетовского проспекта и ул. Молодых строителей и Фиолентовского шоссе (рисунок 2).

3) Моделирование процесса прокладким маршрута следования от Ручьевой улицы 5 до Морского порта Севастополя несколькими видами транспорта (рисунок 4).

4) Маршруты движения судов водного пассажирского транспорта от причалов 156 и 157 Артиллерийской бухты города Севастополя по линии Арт.бухта – Северная (рисунок 5).

Рисунок 4 – Прокладка маршрута следования от ул. Ручьевой 5 до Морского порта Севастополя

Рисунок 5 – Мониторинг судов водного пассажирского транспорта города Севастополя

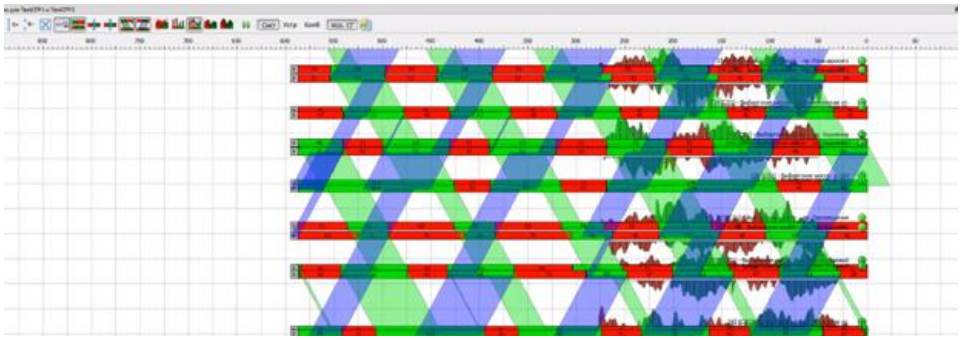


Рисунок 6 – Тестирование АСУДД «СПЕКТР 2.0». АРМ оператора

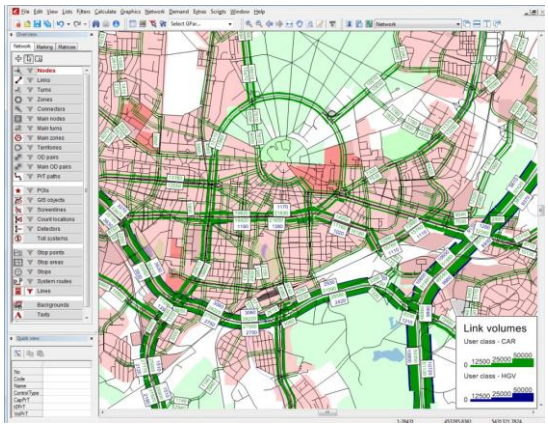


Рисунок 7 – Моделирование транспортного района на пересечении пр. Героев Сталинграда и ул. Борисова

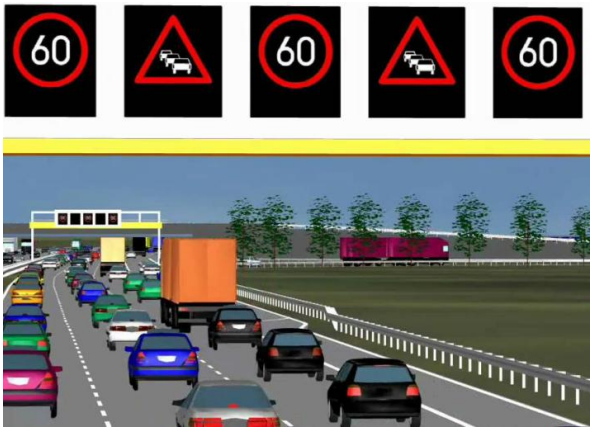


Рисунок 8 – Управление дорожными знаками на трассе А-290 Новороссийск – Керчь

5) Моделирование функции координированного управления транспортными потоками с использованием Спектр 2.0. представлено на рисунке 6, оно включает:

1) координированное управление светофорными объектами на магистралях;
2) координированное управление светофорными объектами на участках УДС;
3) введение оперативных изменений в организацию движения на отдельных участках УДС с помощью управляемых дорожных знаков.

6) Моделирование транспортного района на пересечении проспекта Героев Сталинграда и ул. Борисова с использованием транспортной модели дано на рисунке 7.

7) Моделирование управления дорожными знаками переменной информации в целях изменения организации дорожного движения на отдельных участках улично-дорожной сети представлено на рисунке 8.

8) Моделирование работы система автоматизированного видео-контроля соблюдения правил дорожного движения (ПДД) на пересечении ул.Багрия и ул. Коли Пищенко представлено на рисунке 9.

9) Моделирование работы система автоматизированного видео-контроля транспортных потоков по категориям транспортных средств на трассе А-290 Новороссийск – Керчь представлено на рисунке 10.

10) Моделирование функции экологического мониторинга в составе ИТС Севастополя включает:

– сбор данных о метеорологической и экологической обстановке на УДС и прилегающих территориях с помощью модульных автоматических станций контроля загрязнения атмосферы;

– автоматическая обработка, формирование и передача данных в систему мониторинга параметров транспортных потоков;

– создание и ведение базы данных метеомониторинга и экологической транспортной городской модели.

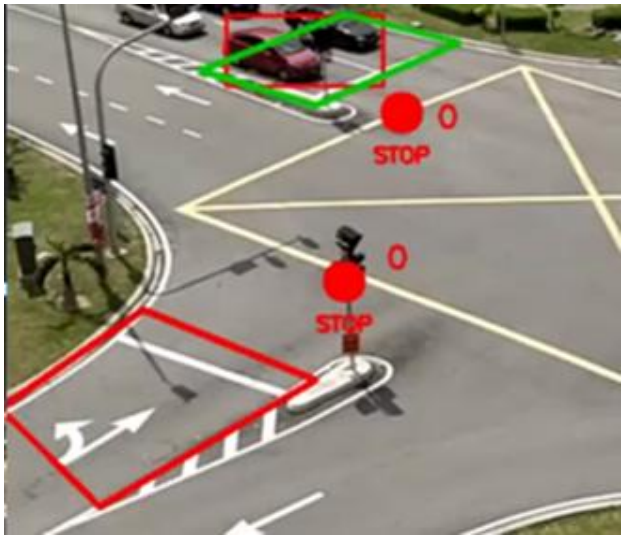


Рисунок 9 – Система автоматизированного видеоконтроля соблюдения ПДД

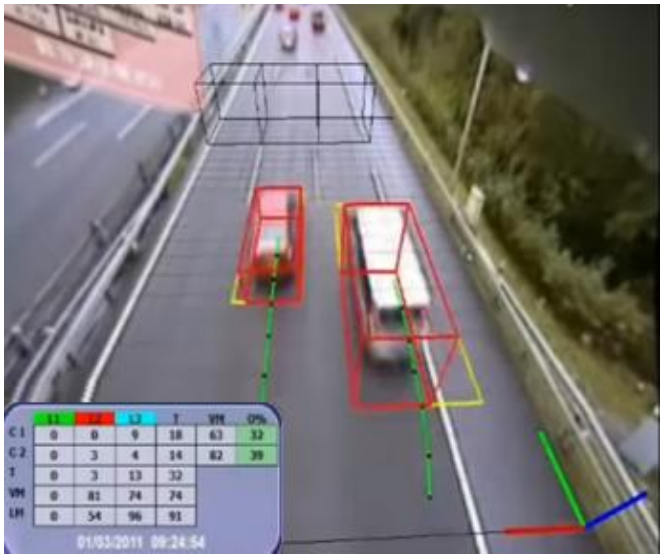


Рисунок 10 – Видео-контроль транспортных потоков на трассе А-290 Новороссийск – Керчь

Моделирование работы системы экологического мониторинга на базе модульных автоматических станций контроля загрязнения атмосферы и результаты оценки экологического ущерба от автотранспорта Ленинского района Севастополя, полученные с помощью информационно-программной модели представлены на рисунках 11 и 12.

Рисунок 11 – Станция экологического контроля

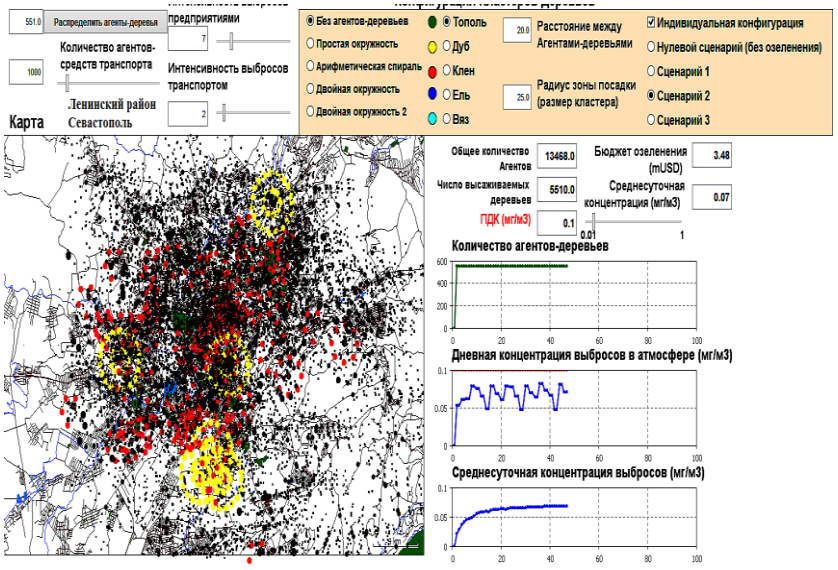


Рисунок 12 – Экологическая модель Ленинского района Севастополя

Таким образом, в результате имитационного моделирования работы элементов ИТС Севастополя и республики Крым, были отработаны типовые режимы работы программно-аппаратных систем и произведена их калибровка.

Построение ИТС Севастополя и Крыма на основе рассмотренных элементов позволит: повысить пропускную способность улично-дорожной сети, повысить среднюю скорость доставки грузов и пассажиропотоков автомобильным транспортом, сократить эксплуатационные затраты на содержание автодорог, сократить протяженность дорожных заторов, оптимизировать маршруты общественного транспорта, повысить информационную осведомленность водителей и пассажиров о ситуации на дороге; снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и ДТП, за счет повышения ответственности водителей при работе автоматических систем фиксации нарушений правил дорожного движения; снизить негативное влияние транспортного сектора на состояние окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке РФФИ No 18-410-920016 в рамках инициативного проекта, проводимого совместно с Правительством Севастополя на тему: «Исследование социально-экономических и экологических процессов города Севастополя с ростом индустриального, транспортно-транзитного и туристического потенциалов».

Список литературы

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Афонин П.Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2015. № 4. С. 68-73.

2. Zope R., Arkatkar S. S., Joshi G. (2018). Benchmarking: A Tool for Evaluation and Monitoring Sustainability of Urban Transport System in Metropolitan Cities of India. Sustainable Cities and Society. doi:10.1016/j.scs.2018.11.011.

3. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А., Лукомская О.Ю. Обзор развития интеллектуальных транспортных систем // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 6 (60). С. 84-91.

4. Mazurkiewicz J. Intelligent Processing Methods Usage for Transport Systems Safety Improvement. Procedia Engineering. 2017. Vol. 178. P. 162-171.

5. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Лукомская О.Ю. Разработка структурной схемы системы городского транспортно-логистического мониторинга // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10. № 12. С. 55-64.

6. Куватов В.И., Шаталова Н.В., Онов В.А. Пути ускорения перевозок и повышения безопасности автомобильного транспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 2 (26). С. 26-33.

7. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Разработка модели городского анализатора данных для интеллектуальной транспортной системы «умного города» // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2016. № 12. С. 3-23.

8. Селиверстов Я.А. О методе анализа структуры смешанного транспортного потока на городской улично-дорожной сети // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 3 (44). С. 104-111.

9. Селиверстов Я.А., Никитин К.В., Шаталова Н.В., Киселев А.А. Оценка состояния транспортных магистралей Северо-Западного федерального округа с использованием анализа тональности отзывов пользователей сети Интернет // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2019. Т. 12, № 3. С. 7-24. DOI: 10.18721/JCSTCS.12301.

10. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И. К вопросу о развитии информационно-коммуникационного процесса управления экологической безопасностью автомобильного транспорта в городах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 91-98.

УДК.656.7

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Иванченко Вера Николаевна *– доцент, доцент кафедры истории и управления персоналом*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

Аннотация. В статье сделан обзор состояния гражданской авиации в настоящее время, развития региональной авиации, деятельность которой вносит существенный вклад в экономическое развитие отдаленных территорий. Для России, где более 60% территорий доступны только с помощью воздушного транспорта, эта проблема является актуальной. Основные направления развития транспортной доступности территорий в России определяются положениями Стратегии развития транспорта России до 2030 года.

Ключевые слова: гражданская авиация, воздушный транспорт, региональная авиация, пассажирские перевозки.

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF CIVIL AVIATION AT THE PRESENT STAGE

Ivanchenko Vera N. – Associate Professor, Associate Professor of history and human resource management

Saint-Petersburg state University of civil aviation

Abstract. The article provides an overview of the current state of civil aviation, the development of regional aviation, the activity of which makes a significant contribution to the economic development of remote territories. For Russia, where more than 60% of the territories are accessible only by air transport, this problem is relevant. The main directions for the development of transport accessibility of territories in Russia are determined by the provisions of the Strategy for the Development of Transport of Russia until 2030.

Keywords: civil aviation, passenger transportation, air transport, regional aviation.

Состояние гражданской авиации является важным показателем развития экономики страны. Для России, с её огромными расстояниями, роль данного вида транспорта особенно велика. В районах Сибири и Дальнего Востока, где транспортная сеть практически отсутствует, авиация нередко служит единственным транспортным средством, однако им пользуются не более 7% граждан, а концентрация оынка авиаперевозок в аэропортах Московского аэроузла на 1 ноября 2010 года составляла 75,4% [1]. По данным Минтранса России удаленные территории составляют более половины всей площади страны.

В общей работе воздушного транспорта перевозки пассажиров составляют около 80%. Основным преимуществом воздушного транспорта является высокая скорость доставки грузов и пассажиров (в 8 раз быстрее, чем железнодорожным и в 30 раз быстрее, чем водным). Выигрыш во времени достигается за счёт спрямления трассы полётов и значительно большей скорости движения самолётов и вертолётов. В перевозках на средние и дальние расстояния воздушный транспорт практически не имеет конкурентов.

С начала 90-х годов XX века Россия перешла к рыночной форме экономики. Это привело к усилению западного влияния на все сферы деятельности, в том числе и на воздушный транспорт. Предусматривалось развитие конкуренции авиационных перевозчиков различных форм собственности в интересах улучшения обслуживания пассажиров и народного хозяйства.

Перед Департаментом воздушного транспорта РФ была поставлена задача – ускорить создание на территории России самостоятельных, конкурирующих авиакомпаний с целью

ликвидации монополии «Аэрофлота» на авиаперевозки. Процесс преобразования проходил сложно. Воздушный транспорт попал в полосу затяжного кризиса. Стремительно сокращалась наземная инфраструктура, устаревал парк региональных воздушных судов, а авиакомпании минимизировали маршрутную сеть.

В начале 1990-х гг. функционировало 1450 аэродромов, в настоящее время в госреестре гражданской авиации зарегистрировано 228 объектов. Стоит признать, что ситуация в отрасли на рубеже XX-XXI веков сложилась непростая. Гражданский авиационный парк значительно сократился, кризис 1990-х годов нанёс мощный удар по авиапрому, а в 2000-е годы перевозчики стали закупать преимущественно зарубежные воздушные суда и наземное оборудование. В этот период отечественный воздушный флот превратился фактически из транспорта общего пользования в элитный, который стал малодоступен широким слоям населения.

В настоящее время большинство авиаперевозок выполняется на самолетах западного производства. Следует отметить, что в 1990 г. в стране насчитывалось 14 тысяч летательных аппаратов в гражданской авиации, и все они были отечественного производства, а наша авиационная техника эксплуатировалась во многих странах мира [2].

За двадцать лет после распада СССР уменьшилась доля региональных и местных авиалиний в структуре внутрироссийских перевозок. Международные перевозки стали доминировать над внутренними и тем более над местными. Надо отметить, что деятельность региональной авиации вносит существенный вклад в экономическое развитие отдаленных территорий. Эта проблема особенно актуальная для России, где более 60% территорий доступны только с помощью воздушного транспорта.

За период 1991-2012 годов доля региональных авиалиний в структуре внутрироссийских перевозок уменьшилась с 75 до 25 %, местных – с 27 до 3 %. Количество прямых авиационных связей между регионами Российской Федерации сократилось в несколько раз, а пассажиропотоки переориентировались на Москву, ставшей единственным полноценным центром внутреннего транзита.

В настоящее время 75 % всех пассажиров (61,5 % пассажирооборота), перевозимых авиакомпаниями внутри страны, прилетают в Москву или вылетают из неё.

Маршрутная сеть внутренних воздушных линий отражает сложившуюся модель социально-экономического развития Российской Федерации с Москвой в качестве основного экономического центра [3].

Однако дальнейшее развитие страны требует повышения роли регионов в экономике и создания новых центров активного роста. Для решения этой задачи необходимо повышение мобильности населения и формирование устойчивых межрегиональных транспортных связей. Сложившаяся модель перевозок сдерживает развитие не только гражданской авиации, но и экономики многих регионов.

Сокращение количества местных и региональных воздушных линий до недавнего времени привело к разрушению единого экономического пространства внутри Российской Федерации и входящих в её состав федеральных округов. Последствиями этого процесса являются:

- разрушение системы внутри- и межрегиональных экономических связей;
- замедление темпов роста валового регионального продукта субъектов федерации;
- сложное финансовое положение региональных авиакомпаний и аэропортов, не имеющих достаточных объёмов работы в условиях низкого платежеспособного спроса на перевозки.

Развитие региональной авиации является ключевым элементом обеспечения развития и повышения инвестиционной привлекательности регионов, обеспечивающих следующие факторы развития:

- повышение доступности трудовых ресурсов;
- увеличение туристического потока;
- повышение социальной мобильности населения.

Основные направления развития транспортной доступности территорий в России определяются положениями Стратегии развития транспорта России до 2030 года. В документе указывается, что существующая модель региональной авиации может привести к потере системы региональных аэропортов в целом, определяются цели по развитию транспортной системы. Согласно им, к 2020 году планируется, что аэропортовая сеть будет включать 357 аэропорта, а к 2030 году – 500, это в 2,5 раза выше уровня 2016 года, но составляет лишь 38,4% от уровня 1992 года. При этом увеличение количества аэропортов будет осуществляться преимущественно за счет объектов, расположенных в удаленных территориях [4].

Региональная авиация должна стать основой транспортной инфраструктуры регионов с низким уровнем развития наземного транспорта и дорожной сети. К ним относятся: Дальний Восток, Сибирь, Урал, Поволжье.

Региональные авиаперевозки являются составной частью единой системы воздушного сообщения внутри федеральных округов, и обеспечивают следующие функции: сообщение между авиационными центрами федерального округа и региональными аэропортами; сообщение между авиационными центрами внутри одного федерального округа.

Для поддержки развития региональной авиации осуществляется ряд мер государственной поддержки. На данный момент основной мерой является субсидирование авиаперевозок согласно Постановлению правительства РФ №1242 от 25 декабря 2013 обеспечивающих установление специальных цен на стоимость перелета в зависимости от вместимости воздушного судна и дальности полета.

В 2018 году постановлением Правительства РФ № 1372 внесены изменения в действующие программы субсидирования авиаперевозок, предусматривающие установление круглогодичного субсидирования воздушных перевозок по более чем 200 маршрутам для категорий населения, наиболее остро нуждающихся в социальной поддержке.

Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года, составной частью которого является федеральный проект «Реконструкция инфраструктуры региональных аэропортов и расширение сети авиационных маршрутов» включает три основных направления.

Первое – это реконструкция региональных аэропортов посредством осуществления капитальных вложений.

Второе – субсидирование региональных перевозок. И третье – субсидирование лизинга воздушных судов для региональных и местных перевозок.

Для успешного решения проблем, связанных с восстановлением региональной авиации, необходимо учитывать: уровень развития экономики субъектов РФ, размер территорий, климатические условия, национальные традиции, особенности взаимодействия с регуляторами, наличие конкуренции с другими видами транспорта, использование различных организационно-правовых форм и отношений собственности. Объективность и правомочность анализа могут быть достигнуты путем проведения мониторинга всех поставщиков обслуживания региональной авиации: разработчиков и изготовителей авиационной техники, центров технического обслуживания и ремонта, эксплуатантов аэродромов, поставщиков аэронавигационного обслуживания, учебных заведений, эксплуатантов воздушных судов. На основе полученной информации можно разработать инициативы в целях восстановления и развития региональной авиации с учетом мер, предусмотренных Международными стандартами Приложения ИКАО 19, государственными программами развития ГА и Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства от 13.02.2019 № 207-р [5].

Реализация предложенных мер позволит значительно увеличить долю межрегиональных воздушных перевозок в общем объеме перевозок, оживить рынок региональных перевозок, в том числе спроса на региональные самолеты отечественного производства.

Тенденция развития авиаперевозок указывает, что в последнее время большая часть авиапассажиров совершает полеты внутри России. В 2018 году объем перевозок пассажиров составил 116,2 млн человек, что на 10,6% выше аналогичного показателя в 2017 году. Причем в России 68,8 млн человек перевезены на внутренних воздушных линиях. Рост составил

10% к 2017 году. И только 47,4 млн человек – на международных, внутренние перевозки составляют основную долю (59%) авиаперевозок в целом [6]. Повышение выручки от пассажирских авиаперевозок и рентабельности бизнеса региональных авиаперевозчиков приведет к увеличению бюджетных поступлений от налога на прибыль организаций.

Увеличение спроса на пассажирские авиаперевозки на внутренних воздушных линиях приведет также к созданию новых рабочих мест в региональных авиакомпаниях и рабочих мест в смежных и обслуживающих отраслях (авиастроение, аэропортовые услуги, наземное и техническое обслуживание воздушных судов). Рост занятости произойдет также в отраслях экономики, связанных с туристическим бизнесом.

Таким образом, восстановление и развитие региональной авиации позволит повысить роль регионов в экономике страны, создать новые центры активного роста, снизить отток населения из отдаленных районов и обеспечить удобную транспортную коммуникацию с различными частями страны.

Список литературы

1. Немудрый К.В. Региональная авиация как одно из условий эффективного социально-экономического развития приарктических районов // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 57. URL.: www.mai.ru/science/trudy/ (дата обращения 13.11.2019).

2. Ковригин М.С., Бурцев И. В. Проблемы и перспективы отечественной гражданской авиации // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. С. 32-34.

3. Корень А.В. Стратегические аспекты развития региональных авиаперевозок в Российской Федерации // Наука и транспорт. Гражданская авиация. 2013. № 3 (7). С. 6-7.

4. Смирнов О.А. Влияние региональной авиации на экономическое развитие сельских территорий: подходы к оценке внешних эффектов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 7. С. 317-325.

5. Мониторинг и практика восстановления региональной авиации России. Решение 50-го Юбилейного заседания Клуба командиров авиапроизводства России. URL.: www.aex.ru//docs/8/2019/7/26/2019/ (дата обращения 13.11.2019).

6. Юрчик А. Региональный вектор. О ключевых вопросах отечественной гражданской авиации. 22 августа 2019. URL.: www.mintrans.ru (дата обращения 13.11.2019).

УДК 625.1

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Дрещинский Владимир Александрович *– доктор военных наук, профессор*
Сергеева Наталья Геннадьевна *– научный сотрудник*
ФГКВОУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева

Аннотация. Основой результативной и бесперебойной работы железнодорожного предприятия является процесс и система поставки материально-технических ресурсов. Представленный процесс весьма существенен для железнодорожной отрасли, так как от него зависит беспрерывность производственного процесса. К важнейшим целям системы материально-технического снабжения железнодорожного транспорта можно отнести своевременное обеспечение потребности в материально-технических ресурсах, а также наибольшее соответствие фактической потребности с плановыми объемами работ всех структурных подразделений ОАО «РЖД».

Ключевые слова: материально-технические ресурсы, запасы, управление, железнодорожный транспорт, материальное снабжение.

ORGANIZATION OF THE SYSTEM OF PROVIDING MATERIAL RESOURCES IN RAILWAY TRANSPORT

Dreshchinskiy Vladimir A. – Doctor of Military Sciences, Professor
Sergeeva Natalya G. – Research Assistant
Military Academy of Logistics

Abstract. The basis of effective and uninterrupted operation of enterprises is the process and system of supply of material and technical resources. This process is very important for the railway industry, because it depends on the continuity of the production process. The main objectives of the system of material and technical support of railway transport, first of all, include the timely provision of the need for material and technical resources, as well as the maximum compliance of the actual needs with the planned volumes of work of all structural units of JSC «Russian Railways».

Keywords: material and technical resources, reserves, management, the railway industry, material support.

ОАО «РЖД» является одним из крупнейших в России потребителей материальных ресурсов, технических средств и запасных частей к ним, поэтому вопросы эффективного управления материально-техническим снабжением и запасами материально-технических ресурсов становятся все более актуальными как в практическом, так и теоретическом аспекте [1-3].

Основной задачей системы материально-технического снабжения является обеспечение непрерывности деятельности предприятий за счет рационализации процессов закупки и поставок материально-технических ресурсов с соблюдением требований к объемам и качеству ресурсов, их стоимости, условиям оплаты и срокам выполнения заказов. При этом очень важно правильно и обоснованно сформулировать критерии рационализации материально-технического обеспечения железнодорожного транспорта и выбрать стратегию управления потоками материально-технических ресурсов.

Вся совокупность материально-технических ресурсов железнодорожного транспорта делится на следующие основные группы: топливо (нефтепродукты и уголь); запасные части для подвижного состава; прокат и другие изделия из черных металлов; строительные материалы и изделия (балласт, цемент, железобетонные шпалы, брусья и конструкции). На указанные товарные группы суммарно приходится свыше 3/4 общего стоимостного объема закупаемой Компанией промышленной продукции (без учета технических средств) [4]. Кроме этого, ОАО «Российские железные дороги» является крупным потребителем электротехнической продукции, различного оборудования и приборов, продукции деревообработки, специализированных изделий легкой промышленности и т.п. (рисунок 1).

Основным видом запасов материально-технических ресурсов железнодорожного транспорта является производственный запас. Кроме того, для обеспечения нормальной работы структурных подразделений при наступлении событий, способных привести к срыву выполнения программы работ формируются отдельные виды запасов.

Структурными составляющими производственного запаса являются: текущий запас, страховой запас, подготовительный запас. Совокупность страхового и подготовительного запаса составляет неснижаемый запас. Производственный запас и все его составляющие нормируются. Различаются следующие нормы производственного запаса: максимальная норма запаса, средняя норма запаса, минимальная норма запаса. Минимальная норма запаса задает объем неснижаемого производственного запаса и определяется суммированием нормы страхового запаса и нормы подготовительного запаса [5].

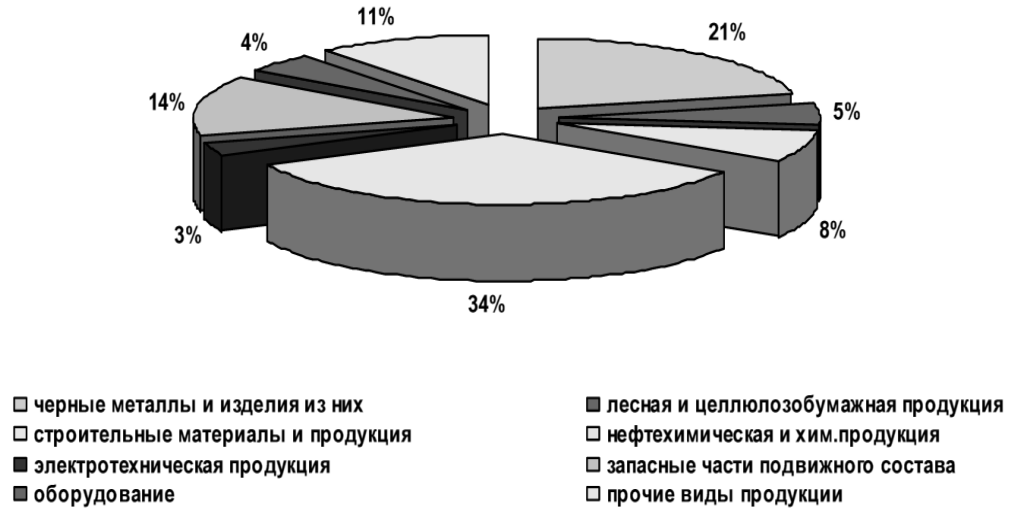


Рисунок 1 – Потребность ОАО «РЖД» в материально-технических ресурсах [4]

Нормирование запасов необходимо для своевременного обеспечения потребностей предприятий, организаций и учреждений железнодорожного транспорта в материальных ресурсах по объему, ассортименту и качеству с минимально возможными суммарными затратами на их приобретение, доставку и хранение с целью обеспечения безопасности перевозочного процесса, эффективности и качества эксплуатации и ремонта подвижного состава и объектов инфраструктуры [6].

Процесс нормирования запасов материально-технических ресурсов включает в себя решение следующих задач: анализ потребности в материально-технических ресурсах и затрат на их приобретение, доставку и хранение; анализ системы организации поставок и хранения материально-технических ресурсов; расчет норм запасов материально-технических ресурсов; внедрение норм запасов материально-технических ресурсов; анализ факторов, влияющих на величину запасов, и корректировка норм запасов материально-технических ресурсов [7].

С целью повышения оперативности ремонтных работ из производственного запаса могут выделяться его подвиды по признаку специфики производства: технологический запас, покилометровый запас и другие. Покилометровый запас создается непосредственно в структурных подразделениях по текущему ремонту пути для возможности оперативной замены остродефектных материалов верхнего строения пути, создающих угрозу безопасности движения [5-7].

Отдельные виды запасов материально-технических ресурсов включают в себя: аварийно-восстановительный запас и сезонный запас. Аварийно-восстановительный запас хранится и учитывается отдельно от производственного запаса [5-7].

Запасы материально-технических ресурсов формируются за счет закупок (таблица), собственного производства, перераспределения между подразделениями и филиалами ОАО «Российские железные дороги», снятия годных к дальнейшему использованию материально-технических ресурсов по прямому назначению или для других целей [5-7].

Система материально-технического снабжения ОАО «Российские железные дороги» представлена «Росжелдорснабом» (филиалом ОАО «Российские железные дороги») и региональными Дирекциями по материально-техническому обеспечению.

Главной задачей «Росжелдорснаба» является своевременное и бесперебойное удовлетворение потребностей предприятий железнодорожного транспорта в материально-технических ресурсах, рациональное управлении запасами и экономия затрат по складской переработке товаров.

Таблица – Основные поставщики и стратегические партнеры ОАО «РЖД» [4]

Наименование продукции	Производитель
Вагонное литье	АО ПО «Бежицкая сталь», АО «НПК «Уралвагонзавод», ООО «Промтрактор-Промлит», ООО «Брянский завод поглощающих аппаратов», ГК «Вагонмаш»
Колеса цельнокатаные	АО «Выксунский металлургический завод», АО «ЕВРАЗ НТМК»
Запасные части к тормозному оборудованию	ОАО «РИТМ», АО «Транспневматика», АО «МТЗ ТРАНСМАШ», ООО «Углепластик»
Износостойкие элементы	ООО «ТехПромМаш», ООО «СибТрансМаш»
Запасные части к путевой технике	ОАО «Рудгормаш», АО «Инман», ООО «КБ Вест-Тер», ООО «ПКФ «Технология», ОАО «Калугатрансмаш», ОАО «Кировский машзавод 1 мая», ОАО «Тихорецкий машиностроительный завод им. В. В. Воровского», АО «Людиновский тепловозостроительный завод», ОАО «Ковровский электромеханический завод»
Топливно-энергетические ресурсы	АО «УК «Кузбассразрезуголь», ПАО НК «Роснефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО АНК «Башнефть», ОАО «Московский нефтемаслозавод», ОАО «Славнефть-ЯНПЗ им. Д. И. Менделеева»
Двигатели дизельные и запасные части к ним	ПАО «Автодизель», ООО «Челябинский тракторный завод — УРАЛТРАК»
Металлопрокат	ПАО «ММК», АО «ОМК», ПАО «Северсталь», АО «Уральская Сталь», АО «Евраз НТМК», АО «ЧМЗ»
Цемент	Холдинг «Евроцемент Труп», АО «ХК «Сибирский цемент»
Щебень	ОАО «Павловскгранит», ОАО «Первая нерудная компания», ООО «Финансбюро»
Метизная продукция	АО «БМК», ОАО «ММК-Метиз», ОАО «Северсталь-метиз»

Поэтому к числу основных задач, решение которых возложено на «Росжелдорснаб», относятся:

– определение потребности железнодорожного транспорта в необходимых материально-технических ресурсах;

– формирование рациональных хозяйственных связей с поставщиками материально-технических ресурсов;

– размещение заказов на изготовление необходимых железнодорожному транспорту материальных ресурсов на отечественных и зарубежных предприятиях и фирмах;

– распределение материальных ресурсов по железным дорогам и другим филиалам;

– учет наличия и движения материальных ценностей на железнодорожном транспорте [5-7].

На региональном уровне довольствующими органами являются Дирекции по МТО (рисунок 2).

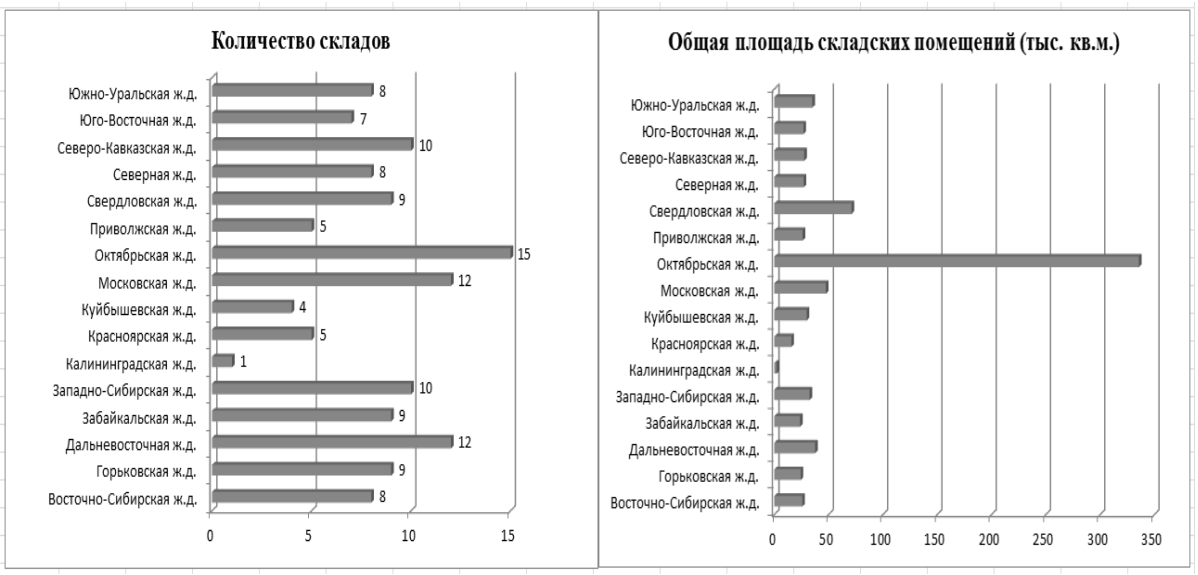


Рисунок 2 – Количество складов и общая площадь складских помещений на железных дорогах (территориальных филиалах РЖД)
Источник: составлено авторами на основе данных ОАО «РЖД»

Для организации централизованного снабжения предприятий железной дороги материальными ресурсами Дирекция по МТО имеет в непосредственном подчинении Главный материальный склад [4].

На уровне отделения железной дороги довольствующими органами являются отделы по МТО. Для снабжения предприятий отделения железной дороги материальными ресурсами в распоряжении отделов МТО находится материальный склад отделения железной дороги. Материальные ценности на склады отделения в основном поступают через Главный материальный склад дороги, а также непосредственно от предприятий промышленности и снабженческих организаций, расположенных в районе деятельности отделения [4].

Структурные производственные подразделения железнодорожного транспорта, располагают секторами или группами снабжения. В распоряжении группы снабжения находятся производственные склады структурных производственных подразделений железнодорожного транспорта.

Техническое содержание сети железных дорог России требует больших экономических затрат, связанных с поддержанием надежности объектов инфраструктуры и обеспечением безопасности перевозочного процесса [8].

В условиях ограниченных ресурсов выбор неверного решения может привести к ошибкам в планировании ремонтных работ на участках инфраструктуры. В связи с этим, был проведен комплексный анализ системы материально-технического снабжения ОАО «РЖД» с целью дальнейшей разработки алгоритма рационализации грузовых потоков материального склада для улучшения экономических показателей складской инфраструктуры на железнодорожном транспорте.

Список литературы

1. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230-233.

2. Дрещинский В.А. Экономика и менеджмент знаний организации. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – 315 с.

3. Завальнюк С.И., Рыбицкий В.А. Автоматизация проектирования восстановления железнодорожных станций // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб. ИПТ РАН. 2016. С. 354-360.

4. URL: http://yandex.ru/mzd.rzd.ru (дата обращения 17.10.2019).

5. Об утверждении и введении в действие положения о системе ведения путевого хозяйства ОАО «РЖД»: Распоряжение ОАО «РЖД» №3212р от 31.12.2015 г.

6. Технические условия на работу по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути: Распоряжение ОАО «РЖД» № 75р от 18.01.2013 г.

7. Об утверждении стандарта ОАО «РЖД» Система материально-технического обеспечения ОАО «РЖД» Нормирование запасов материально-технических ресурсов: Распоряжение ОАО «РЖД» № 2713р от 29.12.2008 г.

8. Сергеева Н.Г. Применение когнитивных карт для оценки грузоперевозок в транспортной сети // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб. ИПТ РАН. 2018. С. 243-248.

УДК 656.07

ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОГО КОМПЛЕКСА ПО ТЕКУЩЕМУ СОДЕРЖАНИЮ И РЕМОНТУ ПУТИ

Дривольская Наталья Анатольевна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики транспорта*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. В статье описывается сущность экономических ресурсов и их влияние на внутреннюю концепцию развития железнодорожного транспорта. Выделена взаимосвязь стратегии развития железнодорожного транспорта и инфраструктурного комплекса в сферах текущего содержания и ремонта на железнодорожном транспорте. Влияние новых технологий на уровень развития обслуживания инфраструктуры и путевого комплекса на транспорте. Представлен процесс текущего ремонта и его эффективность бизнес-процессов. На основании проведенного анализа предложены варианты формирования единого комплекса по содержанию и ремонту пути.

Ключевые слова: транспортный комплекс, экономический ресурс, бизнес-процесс, инфраструктура, текущее содержание и ремонт пути.

Drivolskaya Natalya A. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor Faculty of Economics & Managment, Department of Transport Economics

Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University

Abstract. The article describes the essence of economic resources and their impact on the internal concept of railway transport development.

Keywords: transport complex, economic resource, business process, infrastructure, current maintenance and repair of the route.

В экономической литературе очень распространенно понятие «экономические ресурсы предприятия», но более точно, по нашему мнению, использовал в своих работах А.И. Анчишкин, определяя их как набор ресурсов, которые в процессе производства принимают форму факторов производства [1-9].

Данная экономическая категория в работах К.Р. Макконелл и С.Л. Брю понимается как «все природные, людские и произведенные человеком ресурсы, которые используются для создания товаров и услуг», в своей классификации они их делят на две группы ресурсов: материальные и человеческие [9].

Следует отметить, что в современной концепции, понятие экономических ресурсов близко к понятию факторов производства. Кроме того, в большой экономической энциклопедии существует четкое разграничение этих двух понятий, подчеркивая, что факторы производства – это «ресурсы, используемые в производстве» [3], от которых в значительной степени зависит объем производимой продукции.

Внутренняя концепция развития экономических ресурсов на железнодорожном транспорте предполагает необходимость создания предприятий инфраструктуры на базе регионов с укрупнением предприятий путевого комплекса, автоматики и телемеханики и вагонного хозяйства.

Стратегия развития железнодорожного транспорта предусматривает активное развитие инфраструктурного комплекса в сферах текущего содержания и ремонта.

Резко изменяющийся мир новых технологий требует также новых подходов к процессам обслуживания инфраструктуры, в том числе и обслуживания путевого комплекса. Необходимо постоянно наращивать производительность труда в условиях ограниченного финан-

сового потока, дефицита человеческого ресурса (рабочих), быстрого морального устаревания техники [6].

Процесс текущего содержания и ремонта осуществляются двумя дирекциями – Дирекцией инфраструктуры (ДИ), которая является балансодержателем, обеспечивающим текущее содержание пути и заказчиком ремонта, и Дирекцией по ремонту пути (ДРП) – осуществляющей процесс ремонта всех видов.

Изучая ситуацию по процессам (рисунок 1), необходимо отметить, что ДРП в текущих условиях, может обеспечить лишь частично потребности ОАО РЖД в развитии, тогда как ДИ имеет явное преимущество, являясь более мобильной во всех блоках управления.

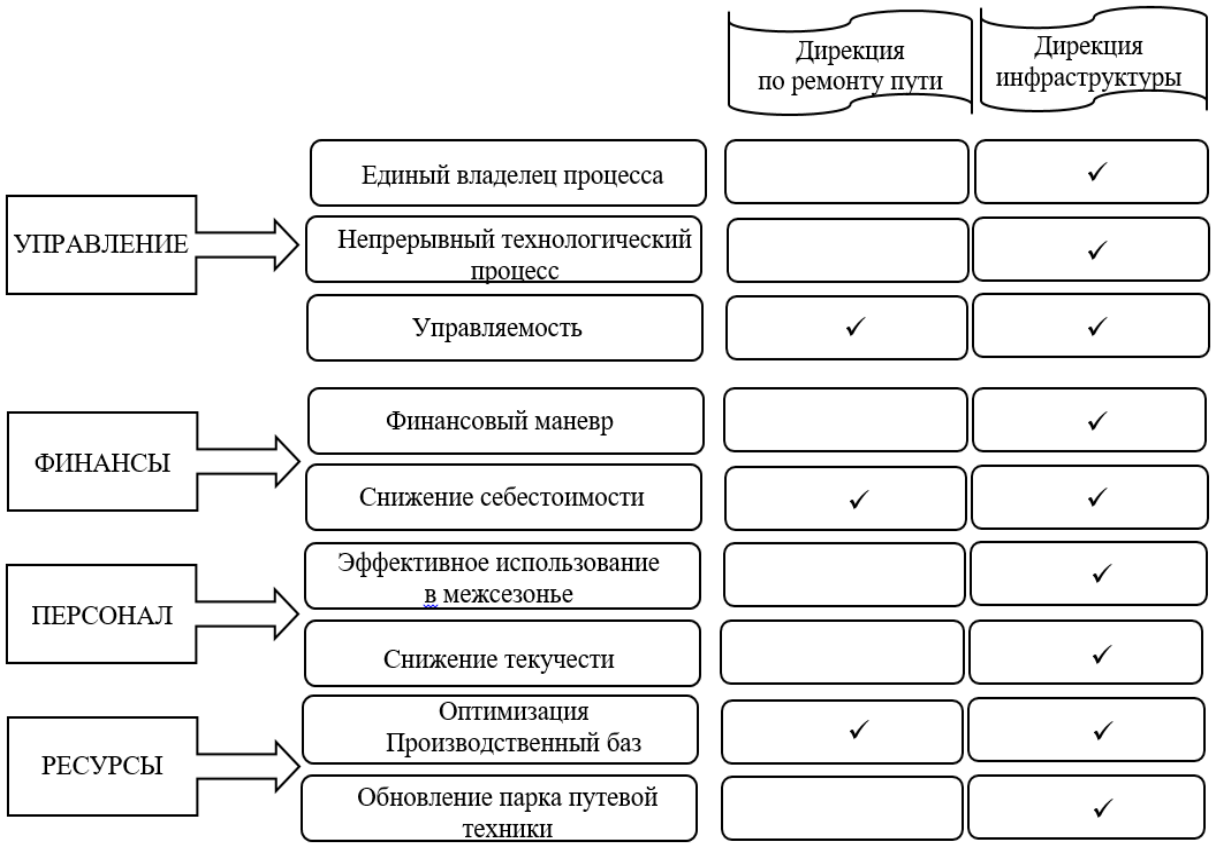


Рисунок 1 – Оценка эффективности бизнес-процессов ДИ и ДРП

В ходе исследования данной проблемы мы рассмотрели три варианта для выбора наиболее эффективной схемы создания единого комплекса по текущему содержанию и ремонту пути (рисунок 2):

– введение путевых машинных станций в состав существующих дистанций пути;

– введение путевых машинных станций в состав службы пути в качестве ремонтного блока;

– создание мобильных ремонтных бригад на базе инфраструктурных частей на участках малоинтенсивных линий.

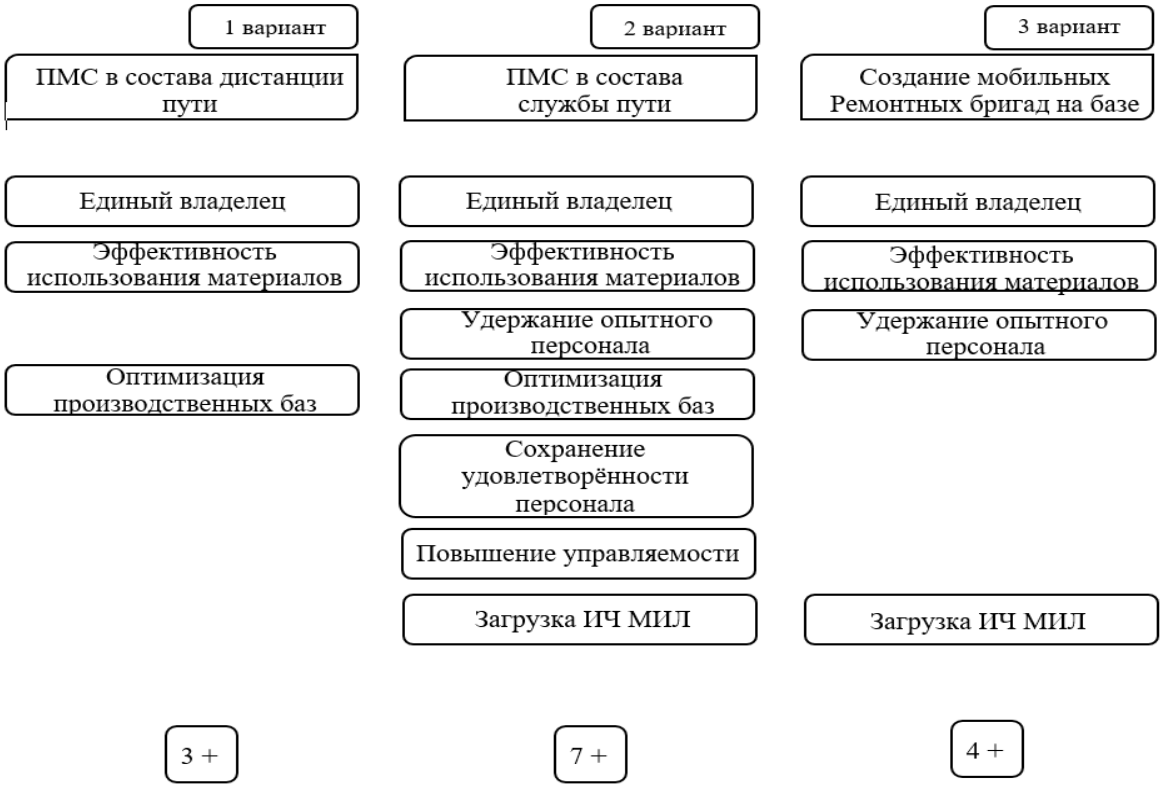


Рисунок 2 – Варианты формирования единого комплекса по содержанию и ремонту пути

На наш взгляд, наиболее предпочтительным является вариант № 2.

Несомненно, создание предприятия инфраструктуры (ПИ) позволит повысить эффективность работы, безопасность и качество услуг, обеспечить единый подход в обслуживании инфраструктуры, разработку технологии совместного обслуживания участков инфраструктуры, повысить оперативность принятия решений.

Предполагаемые результаты от создания предприятия инфраструктуры:

– комплексность работ при совместном планировании и выполнении задания. Организация бесперебойной работы по ремонту и содержанию пути;

– минимизация непроизводительных потерь, рост эффективности труда работников организации. Синхронизация в выполнении работ текущего характера в соответствии с нормативами;

– сокращение расходов ТЭР, а так же высвобождение техники за счет совместного выезда представителей субъектов инфраструктуры;

– объединение диспетчерского аппарата. Создание единого диспетчерского центра на ПИ;

– оптимизация аппарата управления. Концентрация трудовых ресурсов.

По нашему мнению предлагаемый вариант формирования единого комплекса по текущему содержанию и ремонту пути позволит выстроить эффективную систему управления процессами ремонта и содержания железнодорожного пути, а также существенно сократить непроизводительные потери, и несомненно, повысить эффективность использования трудовых ресурсов.

Список литературы

1. Анчишкин А.И. Наука. Техника. Экономика. – М.: Экономика, 1986. – 259 с.

2. Белозеров В.Л. Эффективность и мотивация труда – важные факторы обеспечения устойчивой работы железных дорог // Повышение производительности труда на транспорте

– источник развития и конкурентоспособности национальной экономики: материалы Второй национальной научно-практической конференции. 2017. С. 57-60.

3. Большая экономическая энциклопедия. – М.: Эксмо, 2007. – 816 с.

4. Вакуленко С.П., Куренков П.В., Асатуров А.И., Сечкарева А.А. От бережливого производства к эффективному управлению // Экономика железных дорог. 2013. № 10. С. 51-62.

5. Журавлева Н.А. Экономика рынка транспортных услуг. – СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – 79 с.

6. Казанская Л.Ф., Потапова Т.Л., Бондарева Л.А. Система мотивации персонала при совершенствовании социально-кадровой политики на железнодорожном транспорте // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012. № 4 (33). С. 166-174.

7. Каменский В.Б. Направления совершенствования системы ведения путевого хозяйства. – М.: ОАО НИИТКД, 2009. – 392 с.

8. Лапидус Б.М., Мачерет Д.А. Современные проблемы развития и реформирования железнодорожного транспорта // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2016. № 6. С. 3.

9. Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы, политика // Пер. 16-го англ. изд. – М.: ИНФРА. 2007. XXXVI. – 940 с.

10. Мачерет Д.А. Экономические методы управления ресурсами и работой железнодорожного транспорта: монография. – М, 2001. – 146 с.

11. Некрасов, А.Г., Синицына, А.С. Интегрированные транспортно-логистические системы нового поколения в цифровой инфраструктуре железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2018. № 5. С. 31-37.

12. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года [текст]: утвержден Распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р URL: https://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13009 (дата обращения 12.10.2019).

13. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года (основные положения). URL: http://doc.rzd.ru/doc/public/ ru%3FSTRUCTURE_ID%3D704% 26layer_id%3D5104 %2 6id%3D6396 (дата обращения 12.10.2019).

УДК 338.4

ТИПОЛОГИЯ ОПЕРАТОРОВ ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ

Четчуев Максим Владимирович *– кандидат технических наук, доцент, руководитель научно-образовательного центра «Мультимодальные транспортные системы», доцент кафедры железнодорожных станций и узлов*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Четчуева Валентина Геннадьевна *– заместитель начальника отдела транспортных решений*

Акционерное общество «РЖД Логистика» (филиал в Санкт-Петербурге)

Аннотация. Одним из современных подходов к управлению материальными потоками предприятия является передача части или всех логистических функций сторонней специализированной организации – логистическому оператору. В статье изложена общая характеристика существующих типов операторов логистических услуг и приводятся некоторые сведения об имеющихся противоречиях в подходе к их типологии.

Ключевые слова: логистический оператор, аутсорсинг, управление материальными потоками, цепи поставок.

LOGISTICS OPERATORS TYPOLOGY

Chetchuev Maksim V. – Associate Professor, Ph.D., Head of research and education center Multimodal transport systems, Associate Professor of the department «Railway stations and junctions»

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Chetchueva Valentina G. – deputy head of transport solutions

JSC RZD Logistics (branch in Saint Petersburg)

Abstract. The modern approaches to the rational management of material flows of an enterprise include the transfer of part or all of the logistics functions to a third-party specialized organization. The article describes the general characteristics of the existing types of logistics operators and provides some information about the contradictions in the approach to their typology.

Keywords: logistic operator, outsourcing, material management, supply chain.

В настоящее время под термином «логистика» подразумевается широкий спектр действий, связанных с управлением материальными потоками: транспортировка, складирование, переработка и распределение грузов, контроль и информационное обеспечение процессов «цепей поставок» и др. Многим компаниям ежедневно в той или иной степени приходится сталкиваться с необходимостью решения сложных логистических задач, при этом применяются различные подходы к обеспечению их решения.

Одни компании, в большинстве своём это представители малого и среднего бизнеса, предпочитают иметь свои собственные логистические службы. Такой подход с одной стороны обеспечивает высокую надёжность элементов и процессов «цепей поставок», с другой – накладывает ощутимую финансовую нагрузку на саму компанию, поскольку содержание и обеспечение функционирования собственных логистических служб может достигать нескольких десятков процентов от годового дохода. Последнее обстоятельство привело к тому, что не редко у фирмы имеются дочерние и зависимые общества, в ведение которых переданы вопросы организации логистики.

Принципиально другим подходом к управлению материальными потоками предприятия является аутсорсинг, то есть передача части или всех логистических функций сторонней организации. Привлекательность использования логистического аутсорсинга не редко связывается с возможностью получения компанией-заказчиком ряда преимуществ [1,2], в числе которых можно выделить:

- концентрация внимания на основной деятельности;
- сокращение сроков транспортировки и хранения грузов;
- оптимизация расходов на решение логистических задач;
- снижение рисков, сопровождающих логистические процессы;
- использование дополнительных услуг в процессах управления материальными потоками.

Компании, предоставляющие услуги по логистическому аутсорсингу принято называть операторами (провайдерами) логистических услуг или PL-операторами. Сокращение PL (Party logistics) расшифровывается, как «сторона логистики» [1,3]. В зависимости от степени вовлечения провайдера в логистические процессы предприятия и технологического уровня предоставляемых им услуг различают пять типов PL-операторов.

Операторы типа 1PL реализую систему автономной логистики. Такой сервис называется логистическим инсорсингом и характеризуется тем, что грузовладелец сам выполняет все логистические операции. Данная технология работы сформировалась в 70-80-х годах прошлого века [4].

Под типом 2PL-операторов, как правило, подразумеваются организации, предоставляющие услуги по транспортировке на определённом участке «цепи поставки». В этом слу-

чае компания-грузовладелец берёт на себя часть логистических функций (планирование объёмов перевозок, складирование и сортировка грузов и др.), но поскольку не владеет собственными транспортными средствами, привлекает для организации перевозок стороннее предприятие [3,4]. Уровень 2PL-операторов принято называть «традиционной логистикой», «логистикой второй стороны» или «частичным логистическим аутсорсингом».

Специализированные организации, которым поручается аутсорсинг части или всех логистических операций компании-грузовладельца принято относить к 3PL-операторам. Фактически, обозначение 3PL может быть применено к любой компании, предоставляющие логистические услуги в любом объёме. В большей степени это услуги по организации перевозок, складированию, упаковке и экспедированию грузов.

Впервые обозначение 3PL было использовано в начале 1970-х годов в договорах на перевозку грузов применительно к интермодальным маркетинговым компаниям. До этого в подобных договорах фигурировали только две стороны – грузоотправитель и перевозчик. С появлением интермодальных маркетинговых компаний, им отводилась роль посредников, которые принимали груз от грузоотправителя и, сопровождали до перевозчика. Таким образом, эти компании стали «третьей стороной» в договоре [3].

Стороння логистическая организация или совместное предприятие с грузовладельцем, выступающее посредником между производителем и одним или несколькими её партнёрами является 4PL-оператором. Логистический оператор этого типа имеет высокую степень вовлеченности в бизнес-процессы компании-заказчика и, как правило, управляет всеми процессами «цепей поставок» клиента, включая курьерские, экспедиторские и складские услуги. 4PL-оператор будет осуществлять управление и 3PL-операторами, если они будут привлечены компанией-заказчиком для реализации части логистических функций [3,4]. Нередко 4PL-операторы для своей работы с различными компаниями в «цепи поставок» клиента в качестве единого интерфейса используют специализированное программное обеспечение.

Если 4PL-оператор начинает оказывать услуги сетевого бизнеса, то он становится 5PL-оператором [4,5]. По сути, под типом 5PL понимается логистический оператор, который, используя интернет и другие электронные средства телекоммуникации, способен оказывать весь спектр услуг.

В заключении следует отметить, что в рамках данной статьи были изложенные наиболее распространённые подходы к определению и функционалу типов PL-операторов. Единого мнения в этом вопросе нет до сих пор. Особенно острым является спор о реальности существования операторов типа 5PL. Многие эксперты считают, что 5PL-операторы только теория и на самом деле это лишь усовершенствованная форма 4PL-операторов.

Список литературы

1. PL-операторы. Кто они такие? URL: https://www. lobanov-logist.ru/library/352/54271 (дата обращения 20.09.2019).

2. 3PL логистика. URL: https://mos-interlogistics.com/info/ 3pl-logistika (дата обращения 20.09.2019).

3. 3PL или 2PL, 1PL и 4PL – Что это за звенья цепи поставок, и для чего они нужны? URL: https://supplychains.ru/2014/05/28/pl-who-are-they (дата обращения 20.09.2019).

4. Виды логистики. 5 уровней логистического сервиса. URL: https://cargolink.ru/ls/blog/2344.html (дата обращения 20.09.2019).

5. Классификация PL-операторов. URL: http://www. galaxylogistics.ru/analitika/ klassifikatsiya-pl-operatorov-party-logistics.html (дата обращения 20.09.2019).

УДК 656.073: 658.8

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ КЛАСС ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ

Покровская Оксана Дмитриевна *– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры железнодорожных станций и узлов*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. Цель настоящей работы – характеристика новой системы идентификации логистической специфики и функциональности грузовых железнодорожных станций – логистического класса. Логистический класс отражает, в отличие от известных систем классификации и кодирования станций, уровень клиентоориентированности и объем расширенного логистического сервиса. Описана методика присвоения логистического класса. Введен коэффициент комплексности транспортно-логистического сервиса, значимый при формировании логистического класса.

Ключевые слова: логистический объект, логистический класс, клиентоориентированность, терминально-складская инфраструктура, логистический сервис, коэффициент комплексности транспортно-логистического сервиса, коэффициент совмещения логистических операций.

LOGISTICS CLASS FOR RAILWAY STATION

Pokrovskaya Oksana D. – doctor of technical Sciences, associate Professor, Professor of the Department of Railway stations and nodes

St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, St. Petersburg

Abstract. The purpose of this work is to characterize the new system of identification of logistics specificity and functionality of freight railway stations – logistics class. Logistics class reflects, in contrast to the known systems of classification and coding of stations, the level of customer focus and the volume of expanded logistics service. The technique of assignment of logistic class was described. The coefficient of complexity of transport and logistics service was introduced. This coefficient is important in the formation of logistic class.

Keywords: logistics facility, logistics class, customer-focus approach, terminal and warehousing infrastructure, logistics service, the coefficient of complexity of transport and logistics service, the coefficient of combining logistics operations.

Согласно Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030г., предполагается трансформация компании ОАО «РЖД» из инфраструктурной и перевозочной в транспортно-логистическую [1]. Применение на российских железных дорогах клиентоориентированного подхода как элемента антикризисного управления в условиях борьбы за клиента обусловлено переходом заказчиков на альтернативный способ доставки (автотранспортом) или к коммерческим логистическим операторам, что снижает общесетевые объемы погрузки. Одной из причин потери потенциальных клиентов и высокодоходных грузопотоков для ОАО «РЖД» можно назвать низкую степень адекватности информации о логистических объектах (ЛО) к интересам клиента. Также проблемой является недостаточная полнота, простота и доступность информации о логистическом сервисе ОАО «РЖД» для клиента. Так, например, сегодня информация о ЛО рассредоточена по разрозненным документам [2] и по сути, не дает достаточной информации о логистической специфике объекта. Клиенту нужны результативные решения либо полнота информации для их скорейшего принятия.

Основой клиентоориентированного сервиса является доступный и удобный сервис, а также достаточный уровень информированности клиентов об услугах холдинга [3,4]. Сего-

дня очевидна необходимость реализации принципа клиентоориентированности при информировании потребителей о терминально-складских объектах холдинга, особенно в условиях обострения борьбы за заказчика. С этих позиций оказывается весьма важной проблема разработки методики присвоения логистического класса грузовым станциям с учетом требований клиентоориентированности, доступности и полноты информации. Для этого разработана уникальная система присвоения железнодорожным грузовым станциям, открытым для выполнения грузовых операций, логистического класса на основе значимой для клиента информации о дополнительном логистическом сервисе.

Железнодорожный логистический объект (ЛО) – это элемент терминально-складской инфраструктуры железнодорожного транспорта, выполняющий функции узлового элемента терминально-логистической системы по техническому обеспечению и практическому выполнению услуг погрузки, выгрузки, хранения и распределения грузов, включая доведение грузов до потребителя, при взаимодействии с др. участниками процесса перевозок [4]. Логистический класс определяется для железнодорожных грузовых станций, открытых для выполнения грузовых операций и обладающих ЛО на станциях, открытым для выполнения грузовой работы, с использованием балльной методики по всем логистическим операциям станции [5].

Предлагаемый логистический класс грузовой станции, открытой для выполнения грузовых операций, представлен цифрами от 1 до 9 и отражает (на основе авторского коэффициента $K_{лог}$) ассортимент дополнительного транспортно-логистического сервиса. Этот показатель можно определить как отношение объема расширенного логистического сервиса к общему объему грузовой и коммерческой работы, выполняемой на станции.

Высокая прикладная значимость нового подхода к классности грузовых станций подтверждена доступностью, простотой и полнотой информации о дополнительном «околотранспортном» сервисе, реализованном в самом подходе к присвоению класса.

Классность отражает особенности имеющейся на станции терминально-складской инфраструктуры, ассортимент транспортного, складского и комплексного логистического сервиса, т.е. параметры, значимые для клиента, особенно в условиях цифровизации и глоаблизации работы транспортной отрасли [6].

Клиентоориентированность такой новой классификации заключается в том, что, с одной стороны, класс отражает те параметры, от которых зависит выбор клиентом того или иного ЛО, с другой, отвечать особенностям эксплуатационной работы железных дорог и способствовать управляемости, учету, контролю и оценке деятельности объектов терминально-складской инфраструктуры, работающих на местах общего пользования по всей сети железных дорог [7].

Анализ литературы (в частности, посвященной рациональному проектированию и эксплуатации транспортных узлов и оптимизации взаимодействия с клиентурой на рынке транспортно-логистических услуг и качества транспортно-логистического сервиса [1,4,6-9]) показал недостаточность теоретических исследований объектов терминально-складской инфраструктуры в таких вопросах, как повышение клиентоориентированности предоставляемого ими сервиса, особенности реализации комплексного транспортно-логистического обслуживания и комплексной оценки деятельности терминально-складской инфраструктуры на сети железных дорог.

В основе логистической классности лежит классификация ЛО, предложенная в [7]. Логистический класс станции присваивается экспертами (коммерческо-ревизионной службой, независимыми экспертами, клиентами) и размещаться в общесетевом доступе для комплексной оценки и отслеживания уровня загрузки и развития терминально-складской инфраструктуры.

Отличия логистической классности от известной, закрепленной в [2]:

1) отражение существенных для клиента параметров;

2) открытость и доступность для клиента;

3) возможность комплексной оценки работы железнодорожных ЛО;

4) обеспечение информационной основы для перехода ОАО «РЖД» к 4PL;

5) создание условий для отслеживания работы и загруженности ЛО;
6) отражение логистических показателей работы;
7) контроля терминально-складской инфраструктуры;
8) отражение технико-технологического обеспечения, имеющегося на станции.

Для определения классности и оценки работы ЛО предложен коэффициент комплексности транспортно-логистического сервиса на ЛО $K_{лог}$:

$$K_{лог} = \frac{Q_{ед}}{Q_{компл}} K_{лс} \quad (1)$$

или

$$K_{лог} = \frac{Q_{лог}}{Q_{общ}} K_{лс}, \quad (2)$$

где:

$Q_{ед}$ – объем единичных (простейших) логистических операций, общей стоимостью не выше 15–20 % от общей прибыли ЛО, у.е./год;

$Q_{компл}$ – объем сложных составных логистических операций, общей стоимостью не менее 70 % общей прибыли ЛО, у.е./год;

$K_{лс}$ – коэффициент совмещения логистических операций, определяемый как отношение числа одновременно выполняемых операций с грузом к общему числу операций, в которых нуждается данный груз;

$Q_{лог}$ – объем оказанных логистических услуг, у.е./год;

$Q_{общ}$ – общий объем реализованного ЛО сервиса, у.е./год.

Рассмотрим методику присвоения логистического класса. При определении логистического класса анализируются результаты анкетирования путем начисления баллов за каждый ответ. К значимым параметрам, по которым ведется оценка, относятся:

– *класс железнодорожной станции* (например, для внеклассной станции начисляется 6 баллов, для 5 класса – 1 балл);

– *количество железнодорожных линий* на станции (от 4 до 5 баллов);

– *общая площадь территории* на станции, занимаемой ЛО (например, при общей площади территории до 1 гектара – начисляется 1 балл, а при 50-60 гектарах – 6 баллов);

– *величина коэффициента комплексности транспортно-логистического сервиса на ЛО, К лог* (например, при К лог равном до 0,1 присваивается 2 балла);

– *пакет предоставляемых клиенту услуг* на ЛО (при стандартном пакете услуг «хранение и грузовые операции» начисляется 1 балл);

– *класс складских помещений по международной классификации A, B,C и D* (например, для класса А – 4 балла);

– *статус станции (транзитный пункт, приграничная или припортовая станция)* (если станция имеет такой статус, ей присваивается 4 балла, нет – 0 баллов) и др. параметры.

Всего анализируется 13 параметров. ЛО может быть максимально присвоено 68, минимально 6 баллов. Интервал в 64–68 баллов, начисленных экспертами, например, соответствует 9-ому логистическому классу. Это показано в таблице, где приведены интервальные значения классов в виде трех групп ЛО.

Исследование ЛО в Новосибирском узле показало, что значения $K_{лог}$ для группы А составляют 1,7 и более; Б –1,2–1,6 включительно; В – менее 1,2. Подробно методика изложена в работах [3,5].

Таким образом, предлагаемая система логистической классности станций (таблица) может быть реализована при наличии законодательно закрепленных методик классификации ЛО и единой информационной среды.

Таблица – Описание системы логистической классности

Тип ЛО	Обозначение класса	Баллы
Группа А (градация 4 балла) – высшая		
МТЛЦ	9	64-68
ТЛУ	8	59-63
ТУ	7	54-58
Группа Б (градация 7 баллов) – промежуточная		
ЛЦ	6	46-53
РЦ	5	38-45
ТТ	4	30-37
Группа В (градация 10, 9, 8 баллов) – низшая		
ТСК	3	21-29
С	2	11-20
СП	1	10 и менее

Направлением дальнейших исследований по формированию окончательного вида логистического класса может стать учет параметров техносферной безопасности, которые обеспечиваются работой станции (согласно методикам, изложенным, например, в работах [10-13]). Можно полагать, что логистический класс станций будет применен как инструмент клиентоориентированности при реализации инновационных приоритетов в терминально-логистической деятельности ОАО «РЖД».

Список литературы

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. URL: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=3771&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704 (дата обращения: 11.10.2019).
2. Положение о железнодорожной станции (расп. ОАО «РЖД» от 31.05.2011г. №1186-р с изм. от 28.01.2015г.). URL: http://docs.cntd.ru/document/ 902285883 (дата обращения: 11.10.2019).
3. Покровская О.Д., Воскресенский И.В. Алгоритмизация комплексного расчета параметров терминальной сети региона // Транспорт Урала. 2011. № 1 (28). С. 10-13.
4. Экономика России: прошлое, настоящее, будущее / под общ. ред. Н.А. Адамова. – М.: ИТКОР, 2014. 248 с. С.116-143. ISBN 978-5-00082-006-3
5. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4–й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 13-20.
6. Pokrovskaya O.D. Chi terminelistica reale come una nuova direzione scientifica / O.D.Pokrovskaya // Italian Science Review. 2016. 1(34). P. 112-116.
7. Покровская О.Д., Маликов О.Б. Методика построения сетевого графа структуры логистического объекта // Мир транспорта. 2017. Т. 25. № 1. С. 18-27.
8. Куренков П.В. Логистический подход к управлению грузопотоками // Железнодорожный транспорт. 1997. № 3. С.13-15.
9. Куренков П.В., Курбатова А.В. Терминология смешанных перевозок // Железнодорожный транспорт. 2000. № 3. С.66-68.
10. Титова Т.С., Ахтямов Р.Г., Елизарьев А.Н., Елизарьева Е.Н. Подходы к обеспечению техносферной и экологической безопасности объектов транспорта. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет. 2017. – 72 с.

11. Сватовская Л.Б., Титова Т.С., Русанова Е.В. Новые технологии утилизации отработанных деревянных шпал // Наука и техника транспорта. 2005. № 3. С. 16-18.

12. Титова Т.С., Макарова Е.И., Дудкин Е.П. Использование в строительстве автоклавного шумозащитного пенобетона // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 2 (54). С. 35.

13. Титова Т.С., Степанова А.А. Экологические проблемы транспортного строительства // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте: материалы IV Международной научно-практической конференции. 2014. С. 202-204.

УДК 629.42:629.4.054, 625.28

К АНАЛИЗУ ПЕРЕВОЗОЧНОЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЗОВ *UzTE*16*M*3 НА УЧАСТКЕ КАТТАКУРГАН – НАВОИ УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Аблялимов Олег Сергеевич *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник, и.о. профессора кафедры локомотивов и локомотивного хозяйства*
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

*Аннотация. Представлены результаты обоснования параметров перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов UzTE*16*M*3 *на реальном холмисто-горном участке железной дороги при движении грузовых поездов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах. Результаты исследований рекомендуются для практического использования машинистам – инструкторам по теплотехнике, деятельность которых касается вопросов энергетики движения грузовых поездов на реальных холмисто–горных участках железных дорог.*

Ключевые слова: исследование, результат, грузовой поезд, тепловоз, эксплуатация, разъезд, станция, холмисто-горный, топливно-энергетический.

TO ANALYSIS OF THE TRANSPORTATION WORK OF THE *UzTE*16*M*3 DIESEL LOCOMOTIVES ON KATTAKURGAN – NAVOI SECTION OF UZBEK RAILWAY

Ablyalimov Oleg S. – Doctor of Philosophy, Chief Scientific Worker, Acting Professor of the chair Locomotives and locomotive economy
Tashkent institute of railway transport engineering

*Abstract. Introduced the results of validation three – sectional of main (trains) freight of the UzTE*16*M*3 *diesel locomotives of transportation working parameters on the real of hilly–mountainous of railway area by of the movement freight trains without stops and with any stops on the intermediate (space) stations, passing-tracks and division points. Research of the results are recommended for practical use by engine-drivers-instructors, who of professional activities concern by with questions of energy of the freight trains movement on the real of the hilly–mountainous of railways districts.*

Keywords: investigation, result, the freight train, the diesel locomotive, exploitation, the stage, the station, hilly-mountainous, fuel-energyly.

Исследования посвящаются обоснованию параметров перевозочной работы локомотивов дизельной тяги на холмисто – горном участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги, где грузовые поезда с массой состава Q = 2500 т и числом осей в составе m = 200

осей осуществляют перевозку грузов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах.

Объектом исследования являются трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые тепловозы *UzTE*16*M*3, конструктивные особенности которых обозначены в [1] и спрямлённый профиль [2] пути реального участка Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги, содержащего четыре железнодорожных перегона – это Каттакурган – Разъезд № 28, Разъезд № 28 – Зирабулак, Зирабулак – Зиёвуддин, и Зиёвуддин – Навои.

Предмет исследования составили основные показатели перевозочной работы и топливо – энергетической эффективности использования грузовых тепловозов *UzTE*16*M*3 на заданном, реальном, участке железной дороги.

Участок Каттакурган – Навои железной дороги длиной 78,75 километров содержит шестьдесят один элемент, а двадцать шесть и тридцать два элемента пути характеризуются изменением крутизны подъёмов от +0,14 до +5,77 $^{0}/_{00}$ и спусков от -0,12 до -5,37 $^{0}/_{00}$, и «площадки» – станции Зиёвуддин и Навои, Разъезд № 33.

На железнодорожном участке Каттакурган – Навои расположены две промежуточные станции (ст. Зирабулак и ст. Зиёвуддин) и шесть раздельных пунктов – разъездов (Разъезды № 28, № 29, № 30-33), где ограничение по скорости движения составляет V^{or}= 60км/ч (ст. Каттакурган, ст. Зирабулак, Разъезды № 28,29) и V^{or}= 40км/ч (ст. Зиёвуддин).

Кроме этого, перегон Каттакурган – Разъезд № 28 имеет два ограничения по скорости движения в V^{or}= 80км/ч. При этом наибольшая скорость движения грузового поезда на упомянутом участке составляет V^{max}= 90км/ч.

Поставленная цель исследований реализована серией тягового расчёта [3,4] на номинальной позиции контроллера машиниста, исследуемого грузового тепловоза *UzTE*16*M*3, в сочетании с режимом холостого хода и торможения, исходной информацией (данными) по [5] и рекомендациями [6,7] теории локомотивной тяги.

В таблицах 1 и 2 приведены значения основных кинематических параметров движения грузовых поездов при реализации железнодорожных перевозок грузов на каждом перегоне участка Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги.

Таблица 1 – Время хода грузового поезда по перегонам с остановками, а по разъездам, промежуточным станциям и раздельным пунктам на замедление – разгон

№ п/п	Промежуточные станции	Рассстояние, км	Время хода, мин	Время на замедление / разгон, мин
1	Каттакурган	-	-	1,70/0,90
2	Разъезд № 28	11,25	10,70	1,25/0,70
3	Зирабулак	16,85	14,80	1,90/1,40
4	Зиёвуддин	27,15	19,50	1,90/2,00
5	Навои	23,50	16,90	1,60/-
6	По участку Каттакурган - Навои	78,75	61,90	1,67/1,25

Таблица 2 – Кинематические параметры движения грузового поезда по перегонам участка Каттакурган – Навои, тепловозы UzTE16M3

№ п/п	Перегоны	Техническая скорость движения $V_т$, км/ч	Время хода поезда – движение без остановок, мин		
			по перегону	в режиме	
				тяги	холостого хода и торможения
1	Каттакурган – Разъезд № 28	63,19	10,70	3,60	7,10
2	Разъезд № 28 – Зирабулак	71,52	14,80	8,30	6,50
3	Зирабулак – Зиёвуддин	82,24	19,50	5,90	13,60
4	Зиёвуддин – Навои	84,12	16,90	5,25	11,65
5	Каттакурган – Навои	76,90	61,90	23,05	38,85

В таблице 3 приведены значения общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива трёхсекционными магистральными (поездными) грузовыми тепловозами *UzTE*16*M*3 в процессе организации движения с остановками на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги.

Таблица 3 – Расход натурного дизельного топлива грузовыми тепловозами UzTE16M3 при движении грузового поезда по участку Каттакурган – Навои с остановками

№ п/п	Перегоны	Общий по перегонам и участку *E*, кг Удельный по перегонам и участку *e*, кг / 10^4 т км брутто
1	Каттакурган – Разъезд № 28	113,41 / 40,26
2	Разъезд № 28 - Зирабулак	189,40 / 42,95
3	Зирабулак - Зиёвуддин	155,79 / 23,31
4	Зиёвуддин - Навои	177,88 / 30,03
5	Каттакурган - Навои	636,48 / 32,09

Динамика времени хода грузового поезда, общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива, расходуемого трёхсекционными магистральными (поездными) грузовыми тепловозами *UzTE*16*M*3 при реализации на участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» железнодорожных перевозок грузов разных по содержанию, типу и виду, показаны на рисунке 1 и 2.

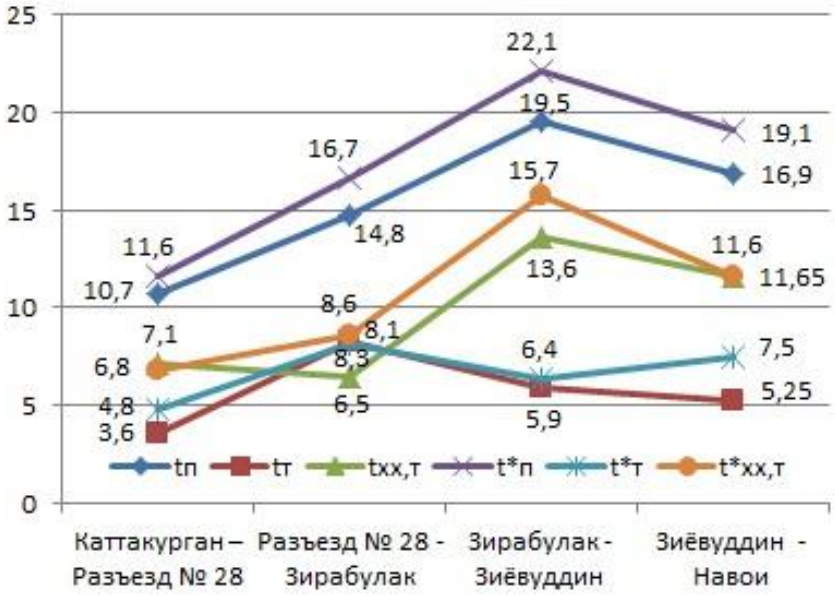


Рисунок 1 – Динамика изменения времени движения грузового поезда по перегонам холмисто–горного участка Каттакурган – Навои

По оси ординат отложено: время хода поезда без остановок и с остановками - общее по перегонам участка $t_п$, $t^*_п$, в режиме тяги $t_т$, $t^*_т$, в режиме холостого хода и торможения $t_{хх,т}$, $t^*_{хх,т}$, и расход натурного дизельного топлива за поездку без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, соответственно, общий (полный) *E*, *E** и удельный *e*, *e**. Значения удельного *e* расхода натурного дизельного топлива на тягу поездов увеличены в 2 раза (рисунок 2).

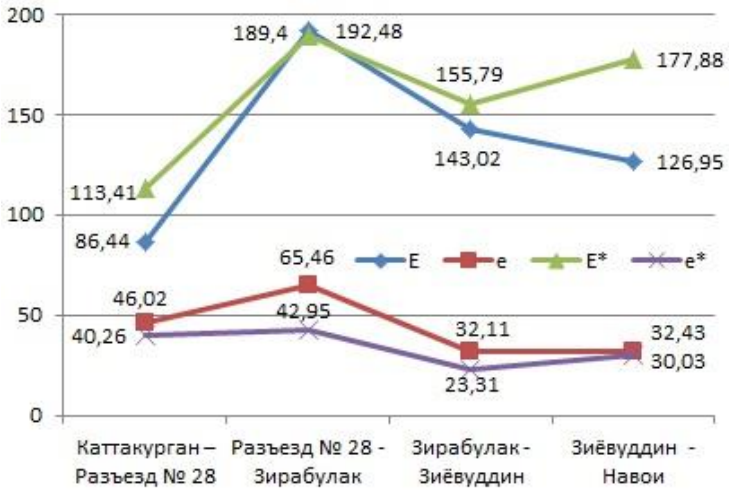


Рисунок 2 – Расход натурного дизельного топлива тепловозами UzTE16M3 по перегонам холмисто – горного участка Каттакурган – Навои

Анализ данных таблицы 1 и таблицы 2 с учётом работы [5] говорит, что движение грузовых поездов, организованное без остановок на раздельных пунктах, разъездах и промежуточной станции к аналогичному движению с остановками, обеспечивает:

– уменьшение общего времени хода поезда на 10,6 мин и увеличение технической скорости движения на 11,11 км/ч при среднем расчётном времени на одну остановку в 2,65 минуты;

– значения долей движения в режимах тяги в 38,52 процента, а холостого хода и торможения в 61,48 процента;

– уменьшение доли движения на режимах тяги и увеличение доли движения холостого хода и торможения, приблизительно, на 1,95 процента.

Полученные параметры перевозочной работы трехсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов серии *UzTE*16*M*3 для разных условий эксплуатации на реальном холмисто – горном участке Каттакурган – Навои могут быть использованы при оценке тягового качества профиля пути этого участка и сотрудниками локомотивного комплекса в процессе разработки практических рекомендаций по экономному расходованию топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов.

Список литературы

1. Аблялимов О.С. Оценка эффективности перевозочной работы тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги // Транспорт Азиатско–Тихоокеанского региона. – Хабаровск: Дальневосточный гос. ун-т путей сообщения. 2018. № 3 (16). С. 6-11.

2. Аблялимов О.С., Турсунов Т.М., Хисматулин М.И. К анализу перевозочной работы тепловозов *UzTE*16*M*3 на холмисто – горном участке железнодорожного пути // Вестник ТашИИТ. – Ташкент: Ташкентский ин-т инж. ж.-д. транспорта. 2017. № 4. С. 57-61.

3. Аблялимов О.С. К использованию тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» // Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта: материалы третьей международной научно-практической конференции. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2018. С. 218-224.

4. Аблялимов О.С. Исследование эффективности использования локомотивной тяги на холмисто – горном участке железной дороги // Вестник транспорта Поволжья. – Самара: Самарский гос. ун-т путей сообщения. 2015. № 1 (49). С. 17-24.

5. Аблялимов О.С, Эркинов Б.Х., Гайратов Б.И. К эксплуатации тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» // Инновацион-

ные проекты и технологии машиностроительных производств: материалы Третья всероссийской научно-техническая конференции с международным участием. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2019. С. 117-125.

6. Деев В.В. Ильин Г.А., Афонин Г.С. Тяга поездов: учебное пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 264 с.

7. Кузьмич В.Д., Руднев В.С., Френкель С.Я. Теория локомотивной тяги: учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.

УДК 629.42:629.4.054, 625.28

ОБОСНОВАНИЕ ТЯГОВОГО КАЧЕСТВА УЧАСТКА КАТТАКУРГАН – НАВОИ УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПРИ ДИЗЕЛЬНОЙ ТЯГЕ

Аблялимов Олег Сергеевич *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник, и.о. профессора кафедры локомотивов и локомотивного хозяйства*

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Аннотация. Представлены результаты оценки тяговых качеств (свойств) профиля пути перегонов реального холмисто-горного участка Узбекской железной дороги при движении грузовых поездов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах. В качестве критерия упомянутой оценки предложены приведённые значения общего и удельного расходов дизельного топлива на тягу поездов в количественном и денежном исчислении с учётом сопутствующих перевозочному процессу значений приведённого времени хода поезда в режиме тяги и удельного расхода дизельного топлива за поездку. Результаты исследований получены при помощи методов и способов теории локомотивной тяги с учётом максимальных значений основных показателей топливно-энергетической эффективности использования исследуемых тепловозов UzTE16M3 в виде табличных данных и графических зависимостей, и рекомендуются для практического использования специалистам линейных предприятий локомотивного комплекса сети узбекских железных дорог.

Ключевые слова: оценка, результат, грузовой поезд, тепловоз, железнодорожный путь, холмисто-горный, перегон, профиль.

SUBSTANTIATION OF TRACTIVE QUALITY OF KATTAKURGAN –NAVOI SECTION OF UZBEK RAILWAY BY DIESEL TRACTION

Ablyalimov Oleg S. – Doctor of Philosophy, Chief Scientific Worker, Acting Professor of the chair Locomotives and locomotive economy

Tashkent institute of railway transport engineering

Abstract. Introduced the results of estimation of the traction qualities (difficulties) of the track profile of the stages of the real of hilly–mountainous of railway area by of the movement freight trains without stops and with any stops on the intermediate (space) stations, passing-tracks and division points. Of the mention of estimation in criterion quality are offered brought importance of general and specific consumptions of diesel fuel on the train tractions in quantitative and money calculus with account accompanying of the transportation process importance of brought running time of train of the traction mode and specific consumption of diesel fuel for the trip. Research of the results were received by the help of methods and fashions of theory of locomotive tractions with account of basic indicators of the maximum importance of fuel-energy of

the efficiency used of investigating of the UzTE16M3 diesel locomotives in the form of tabular dates and graphic arts dependences, and are recommended for practical use by expert of the linear enterprises of the locomotive complex of uzbek railways systems.

Keywords: evaluation, result, the freight train, movement, the diesel locomotive, railway track, hilly-mountainous, stage, profile.

Данные исследования являются продолжением работы [1,2] и заключаются в оценке тягового качества и свойства (сложности) профиля пути холмисто – горного участка Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги.

В таблице 1 приведены кинематические параметры движения грузовых поездов на каждом перегоне участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» и в целом по нему, без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, которые были определены в результате тягового расчёта [3].

Таблица 1 – Кинематические параметры движения грузового поезда по перегонам участка Каттакурган – Навои, тепловозы UzTE16M3

Перегоны	Техническая скорость движения $V_т$, км/ч	Время хода поезда (без остановок / с остановками), мин		
		по перегону	в режиме	
			тяги	холостого хода и торможения
Каттакурган – Разъезд № 28	63,19/58,29	10,70/11,60	3,60/4,80	7,10/6,80
Разъезд № 28 - Зирабулак	71,52/63,38	14,80/16,70	8,30/8,10	6,50/8,60
Зирабулак - Зиёвуддин	82,24/72,57	19,50/22,10	5,90/6,40	13,60/15,70
Зиёвуддин - Навои	84,12/74,44	16,90/19,10	5,25/7,50	11,65/11,60
Каттакурган - Навои	76,90/68,49	61,90/69,50	23,05/26,80	38,85/42,70

Величина общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива в количественном и денежном исчислении, затрачиваемого исследуемыми тепловозами *UzTE*16*M*3 при организации движения грузовых поездов на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги, приведённая в таблице 2, была вычислена по [4,5].

Таблица 2 – Показатели эффективности использования тепловозов UzTE16M3 при движении грузовых поездов на холмисто-горном участке Каттакурган – Навои

Перегоны	На промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах							
	без остановок				с остановками			
	общий (полный) за поездку E, кг	удельный за поездку e, кг/10^4ткм брутто	полные денежные затраты $C_т$, тыс. сўм	удельные денежные затраты $c_т$, тыс. сўм/км	общий (полный) за поездку E, кг	удельный за поездку e, кг/10^4ткм брутто	полные денежные затраты $C_т$, тыс. сўм	удельные денежные затраты $c_т$, тыс. сўм/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Каттакурган – Разъезд. № 28	86,44	30,68	153,04	13,58	113,41	40,26	200,79	17,818
Разъезд. № 28 – Зирабулак	192,48	43,64	340,78	19,32	189,40	42,95	335,32	19,008
Зирабулак – Зиёвуддин	143,02	21,40	253,21	9,473	155,79	23,31	275,82	10,319
Зиёвуддин – Навои	126,95	21,43	224,76	9,486	177,88	30,03	314,93	13,292
Каттакурган – Навои	548,89	27,67	971,78	12,249	636,48	32,09	1126,9	14,204

Результатом этого этапа исследования являются следующие значения кинематических и энергетических параметров некоторых основных показателей эффективности трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов *UzTE*16*M*3, используемых при вождении грузовых поездов с массой состава Q = 2500 т и числом осей в составе m = 200 осей по перегонам участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари»:

– усреднённое расчётное время движения грузового поезда без остановок для каждого перегона и суммарное на разгон - замедление по промежуточным станциям, разъездам и раздельным пунктам составляет, соответственно, приблизительно 15,47 и 2,92 минуты;

– усреднённое расчётное время движения грузового поезда для каждого перегона с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах составляет приблизительно 17,37 минуты;

– движение грузовых поездов с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, по сравнению с аналогичным движением без остановок на последних, способствует повышению расхода натурного дизельного топлива приблизительно на 15,96 процента;

– расход натурного дизельного топлива для одной остановки на промежуточных станциях разъездах и раздельных пунктах составляет приблизительно 21,90 кг/ост, а на один разгон – замедление он равен 29,46 кг;

– удельный расход натурного дизельного топлива на одну остановку составляет приблизительно 1,105 кг /10^4 т км брутто;

– усреднённая величина общего (полного) и удельного расхода натурного дизельного топлива для каждого перегона участка, соответственно, составляет 159,12 кг и 8,02 кг/10^4 т км брутто – движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, и 137,22 кг и 6,92 кг/10^4 т км брутто – движение без остановок на последних;

– среднее значение усреднённой величины общего (полного) и удельного расходов натурного дизельного топлива для двух видов движения на каждом перегоне участка, соответственно, составляет приблизительно 148,17 кг и 7,47 кг/10^4 т км брутто;

– усреднённая величина полных и удельных затрат денежных средств для каждого перегона участка, соответственно, составляет 281,72 тыс. сўм и 3,551 тыс. сўм / км – движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах и 242,94 тыс. сўм и 3,062 тыс. сўм / км – движение без остановок на последних;

– среднее значение усреднённой величины полных и удельных затрат денежных средств для двух видов движения на каждом перегоне участка составляет приблизительно 262,33 тыс. сўм и 3,306 тыс. сўм / км.

Оценка тягового качества и свойства перегонов профиля пути исследуемого участка Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги проводилась согласно [6,7], результаты которой обозначены ниже.

На рисунках 1 и 2 показаны графические зависимости приведённых значений параметров основных показателей топливно - энергетической эффективности использования магистральных (поездных) грузовых тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари».

По оси ординат отложено: расход натурного дизельного топлива за поездку, соответственно, приведённый общий (полный) E^*, приведённый удельный e^* и удельный e, приведённое время хода поезда в режиме тяги $t_т^*$ и удельные затраты денежных средств $c_т$.

Для более чёткой иллюстрации графических зависимостей, представленных на рисунке 1 и на рисунке 2, значения приведённого общего (полного) E^* и удельного e^* расхода натурного дизельного топлива увеличены, соответственно, в три и десять раз, а приведённого времени хода поезда в режиме тяги $t_т^*$ увеличены в шестьдесят раз.

Анализ графических зависимостей, критерия трудности профиля пути участка Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги и приведённые величины параметров основных показателей эффективности использования трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов *UzTE*16*M*3 свидетельствует следующее.

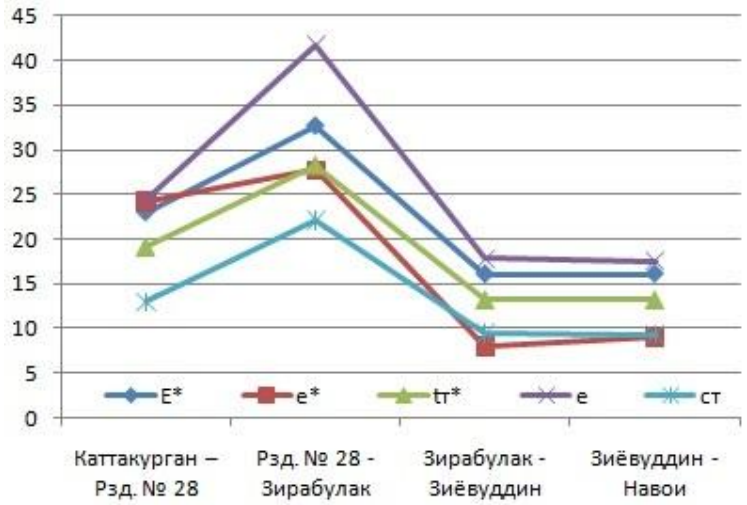


Рисунок 1 – Показатели эффективности использования тепловозов UzTE16M3 на участке Каттакурган – Навои, движение без остановок

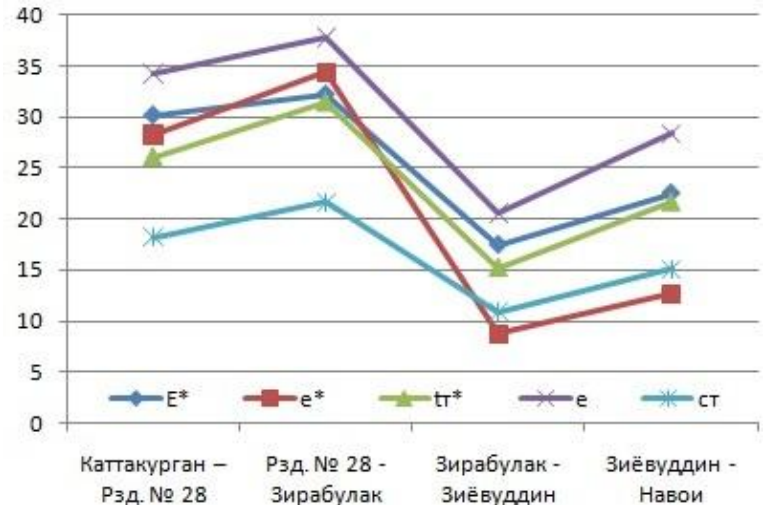


Рисунок 2 – Показатели перевозочной работы тепловозов UzTE16M3 на участке Каттакурган – Навои, движение с остановками

Перегон Разъезд № 28 – Зирабулак являются наиболее трудным, перегон Каттакурган – Разъезд № 28 – средний по трудности, а условно лёгкие – это перегоны

Зирабулак – Зиёвуддин и Зиёвуддин – Навои.

Таким образом, получены значения критерия тягового качества и свойства (сложности) профиля пути по каждому перегону исследуемого участка железной дороги и установлено, что перегон Разъезд № 28 – Зирабулак является наиболее трудным.

Результаты исследований рекомендуются машинистам – инструкторам по теплотехнике и специалистам цеха эксплуатации локомотивного депо Бухара для практического использования при обосновании тягового качества и трудности профиля пути и трассы холмисто – горного направления железнодорожной линии Самарканд – Навои – Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари», и оценки эффективности эксплуатационной деятельности этой части узбекских железных дорог.

Список литературы

1. Аблялимов О.С. К анализу перевозочной работы тепловозов *UzTE*16*M*3 на холмисто – горном участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги // Транспорт России:

проблемы и перспективы – 2018: материалы Межународной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН, 2018. С. 113-117.

2. Аблялимов О.С. Оценка эффективности перевозочной работы тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги // Транспорт Азиатско–Тихоокеанского региона. – Хабаровск: Дальневосточный гос. ун-т путей сообщения. 2018. № 3 (16). С. 6-11.

3. Аблялимов О.С. К использованию тепловозов *UzTE*16*M*3 на участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» // Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта: материалы III Международной научно-практической конференции. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2018. С. 218-224.

4. Деев В.В., Ильин Г.А., Афонин Г.С. Тяга поездов: учебное пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 264 с.

5. Кузьмич В.Д., Руднев В.С., Френкель С.Я. Теория локомотивной тяги: учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.

6. Аблялимов О.С. Оценка тягового качества профиля пути участка Каттакурган – Навои при дизельной тяги // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: материалы IV Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2018. С. 175-181.

7. Аблялимов О.С. Тяговые качества профиля пути железнодорожного участка Каттакурган – Навои при дизельной тяги // Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта: материалы третьей международной научно-практической конференции. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2018. С. 205-210.

УДК:681.5:656.62(571.1.6)

О ПРОБЛЕМЕ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Синицын Михаил Геннадьевич *– старший преподаватель кафедры управления работой флота*

Виниченко Виктория Александровна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики транспорта и финансов*

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет водного транспорта

Аннотация. В работе рассматриваются основные ключевые проблемы создания единой информационно – интеллектуальной системы речного транспорта на территории Сибири и Дальнего Востока. Проанализированы все элементы, которые будут составлять систему и выявлена их роль. На основе рассмотренной информации была разработана схема движения информационных потоков в информационно – интеллектуальной системе. Выявлены и предложены уровни доступа всех участников транспортного процесса к информационно – интеллектуальной системе речного транспорта на территории Сибири и Дальнего Востока.

Ключевые слова:интеллектуальные транспортные системы, транспорт, цифровая экономика, транспортные системы, водный транспорт, Сибирь, Дальний Восток, информационно - интеллектуальной системы.

ON THE PROBLEM OF CREATING A UNIFIED INFORMATION AND INTELLECTUAL SYSTEM OF RIVER TRANSPORT IN SIBERIA AND THE FAR EAST

Sinitsyn Michael G. – Senior Lecturer of the Department of Management of the fleet
Vinichenko Victoria Al. – Ph.D. (Economy), Associate Professor of transport and Finance Economics Department
Siberian State University of Water Transport

Abstract. The paper deals with the main key problems of creating a unified information and intellectual system of river transport in Siberia and the Far East. All elements that will make up the system are analyzed and their role is revealed. On the basis of the considered information the scheme of movement of information flows in information - intellectual system was developed. Levels of access of all participants of transport process to information and intellectual system of river transport in the territory of Siberia and the Far East are revealed and offered.

Keywords: Intelligent transport systems, transport, digital economy, transport systems, water transport, Siberia, far East, information and intelligent systems.

Климатические и навигационные условия на реках Сибири и Дальнего Востока нестабильны и разнообразны. У каждого воднотранспортного бассейна имеются свои особенности, которые влияют на формы организации работы флота [1-5]. Период завоза на некоторые реки ограничен и не превышает 20 суток, при этом речной транспорт зачастую является единственным перевозчиком, который может доставить груз [4]. Это связано с отсутствием инфраструктуры у железнодорожного и автомобильного транспорта, строительство которой экономически не оправдано.

От качества и достоверности полученной информации о ситуации на реке зависит надежность всего транспортного процесса. При анализе периода завоза грузов на реки бассейнов Сибири и Дальнего Востока можно выделить 2 группы: реки с периодом завоза более 30 суток, реки с периодом завоза менее 30 суток. На первую группу приходится 72 %, а на вторую 28% от общего числа судоходных рек бассейнов.

Очевидно, что остро стоит проблема мобильности перевозок, так как в ограниченный период времени должна быть доставлена вся масса партии груза. Что бы повысить надежность транспортного процесса необходимо создание единой информационно – интеллектуальной системы, которая бы в режиме реального времени собирала, обрабатывала информацию и информировала всех участников транспортного процесса о реальной ситуации в воднотранспортном бассейне [5]. В данную систему должны быть привлечены Администрации бассейна внутренних водных путей, службы управления флотом, службы управления портом, ремонтно эксплуатационные базы. В системе должна храниться и обрабатываться информация по наличию свободного флота в бассейне, актуальные глубины судового хода, пустые складские площади. На основе этой информации перевозчики могут видеть актуальную картину, которая показывает пропускную и провозную способность в режиме реального времени. Система должна быть оснащена интерактивными картами, что повысит безопасность и снизит порожние пробеги [1]. Иногда происходит ситуация, что на определенных участках работают разные перевозчики, одни из которых возят грузы вверх, а другие вниз, а обратное направление у них является порожним, так благодаря объединению усилий можно будет свести расходы к минимуму.

Созданная информационная база приведет к повышению качества, достоверности и актуальности информации, снизятся риски, зависящие от человеческого фактора. Схема информационных потоков приведена на рисунке 1. Для обеспечения безопасности создаваемой системы, необходимо четкое разделение прав между всеми ее пользователями, у каждого из них будет свой уровень доступа, зависящий от его значимости в транспортном процессе (рисунок 2).

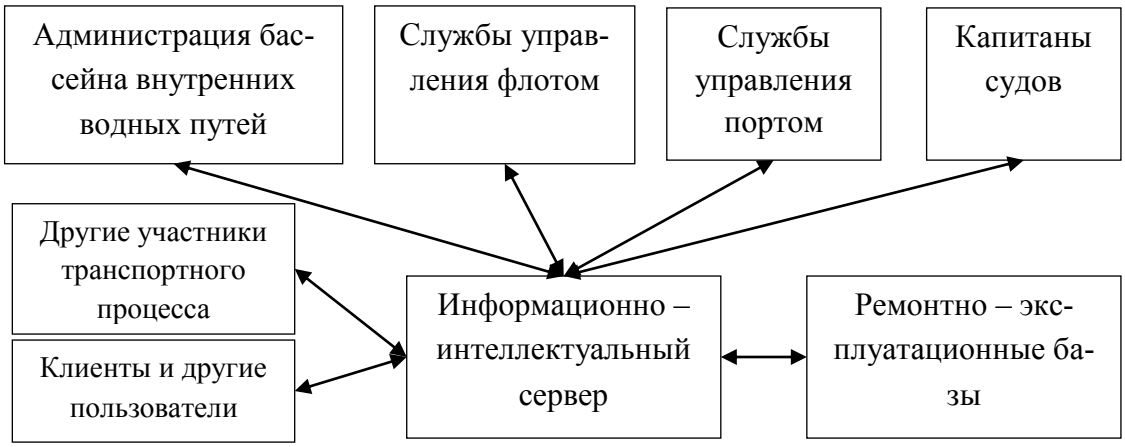


Рисунок 1 – Схема информационных потоков в информационно – интеллектуальной системе речного транспорта на территории Сибири и Дальнего Востока

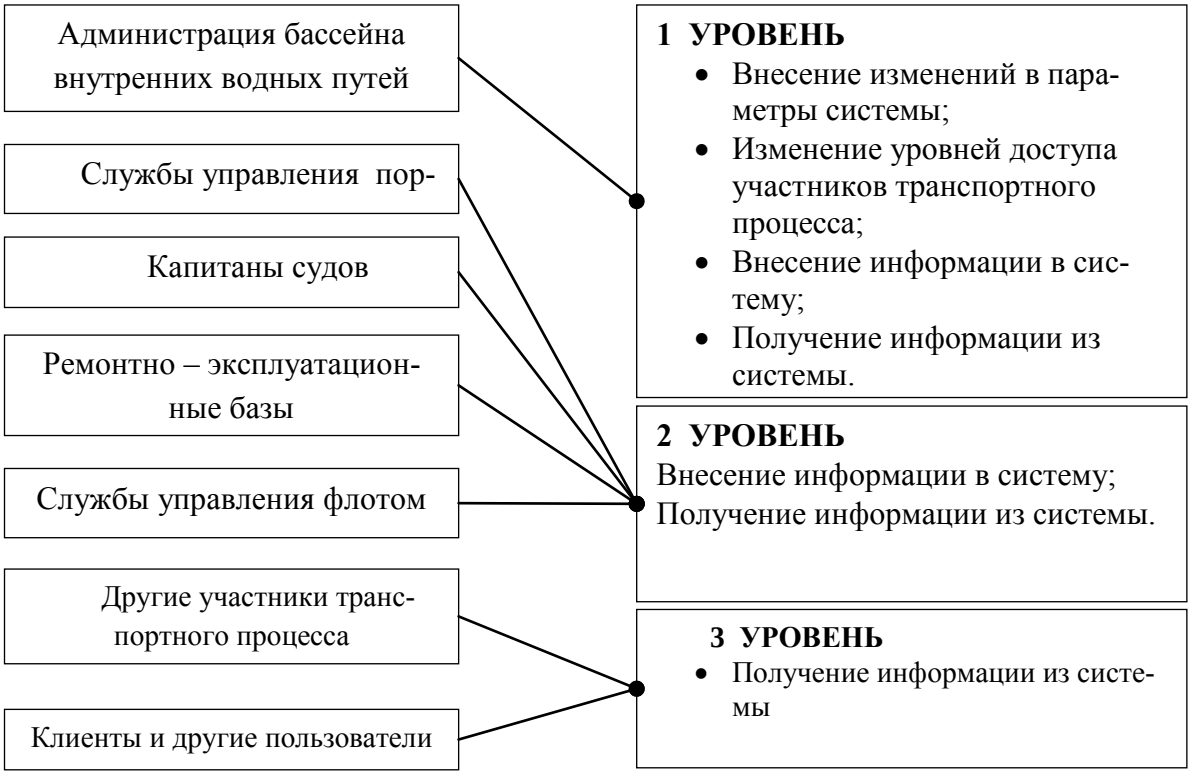


Рисунок 2 – Уровни доступа участников транспортного процесса в информационно – интеллектуальной системе речного транспорта на территории Сибири и Дальнего Востока

Для организации такой системы сил перевозчиков недостаточно, необходимо вмешательство государства, которое станет регулятором в решение данной задачи. Работы по внедрению должны происходить на основе государственно частного партнерства, которое получило широкое распространение в транспортной отрасли и успешно дает положительные результаты. Сотрудничество между государством и другими элементами системы может, осуществляется по форме аренды или концессии.

При внедрении единой информационно – интеллектуальной системы может возникнуть ряд проблем, которые, прежде всего, связаны устаревшей МТБ речного транспорта Сибири и Дальнего востока. Для этого проанализирован флот, который зарегистрирован в бассейнах Сибири и Дальнего Востока, анализ представлен в виде диаграммы на рисунке 3.

Из диаграммы, представленной на рисунке 3 видно, что в бассейнах преобладают суда с годом постройки старше 30 лет, которые не удовлетворяют требованиям внедряемой системы. Есть два выхода из данной ситуации: строительство нового флота и модернизация старого. Первый вариант к рассмотрению не берется ввиду его дороговизны, поэтому к рассмотрению принимаем второй вариант. Он накладывает на всех участников транспортного процесса, проведение мероприятий по модернизации элементов МТБ, что приведет к дополнительным издержкам и к повышению тарифов.

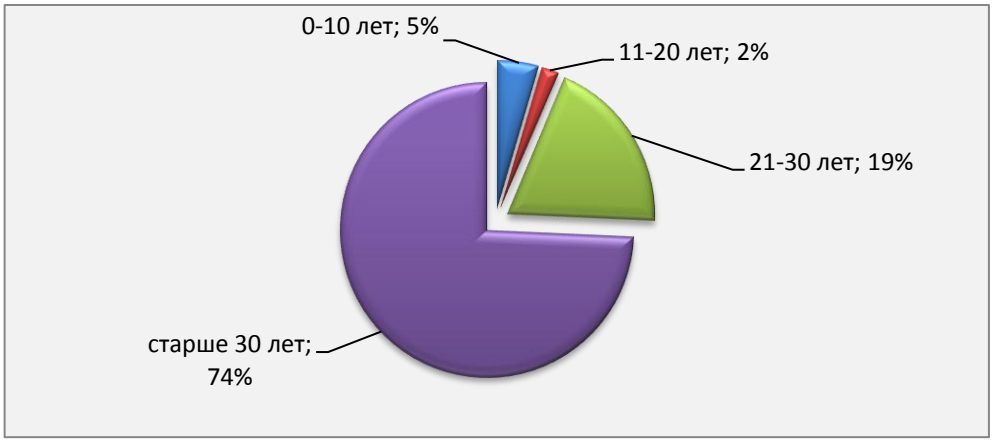


Рисунок 3 – Диаграмма зарегистрированного флота в бассейнах Сибири и Дальнего Востока по возрасту за 2019 г.

Внедрение интеллектуально – информационных систем процесс трудоемкий и дорогостоящий на начальном этапе требующий серьезных инвестиций [3]. Но после внедрения таких систем существенно снизятся издержки практически у всех участников транспортного процесса за счет снижения порожних пробегов, построения оптимальных маршрутов, повысится качество транспортной продукции. Помимо материальной составляющей важную роль здесь играет понимание у все элементов воднотранспортной системы в необходимости новшеств и перехода от традиционных методов к инновационным.

Список литературы

1. Виниченко В.А., Синицын М.Г. Интеллектуальные транспортные системы как драйвер цифровизации транспортной отрасли // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы международной-научно-практической конференции. 2018. С. 28-31.

2. Синицын М.Г., Синицын Г.Я., Шарф С.Е. // Показатели эффективности организации транспортного процесса по доставке грузов на притоки магистральных рек. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2018. № 1. С. 54-57.

3. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул М.А. Интеллектуальные технологии на водном транспорте // Морские интеллектуальные технологии. 2017. № 2-2 (36). С. 55-65.

4. Синицын М.Г. Определение вероятностных сроков работы судов на притоках магистральных рек // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2013. № 1. С. 15-18.

5. Асаул Н.А. Создание национальной ИТС как задача государственной важности/Транспорт Российской Федерации. 2011. № 4 (35). С. 6-7.

УДК 334.02

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА И ПРОЦЕССНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ОАО «РЖД»

Зенина Надежда Николаевна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры управления производством и кадровым обеспечением транспортного комплекса*
ФГАОУ ВО Российский университет транспорта (МИИТ)

Аннотация. В статье рассмотрен международный опыт внедрения процессного управления. Приведены результаты исследования влияния организационной структуры управления ОАО «РЖД» на стабильность бизнес-процессов.

Ключевые слова: процессное управление, организационная структура управления, ОАО «РЖД».

ORGANIZATIONAL STRUCTURE AND PROCESS MANAGEMENT AT RUSSIAN RAILWAYS

Zenina Nadezhda N. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department Production Management and staffing of the transport complex
Russian state University of transport (MIIT)

Abstract. The article considers the international experience of process management implementation. The results of the study of the influence of the organizational structure of management of JSC «Russian Railways» on the stability of business processes are presented.

Keywords: process management, organizational structure of management, JSC «Russian Railways».

В соответствии с Распоряжением ОАО «РЖД» № 1712 от 27.08.2017г. «О программе мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении холдингом «РЖД» в декабре 2019 года состоится доклад «Формирование предложений о целесообразности перехода на систему процессного управления в полном объеме и формирование соответствующего плана на период до 2025 года» [1].

Это не первая попытка внедрить процессное управление в холдинге. История начинается 12 сентября 2014 г., когда распоряжением N 2174р «Об утверждении программы мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении и повышении эффективности деятельности ОАО «РЖД» была принята первая такая программа. Затем, программа неоднократно корректировалась: 25 декабря 2014г. распоряжением № 3140р от «О внесении изменений в распоряжения ОАО «РЖД» от 12 сентября 2014г. N 2172р и 2174р»; 30 апреля 2015г. распоряжением N 1126р «О корректировке Программы мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении и повышении эффективности деятельности ОАО «РЖД»; 29 декабря 2015г. распоряжением N 3115р «О внесении изменений в Программу мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении и повышении эффективности деятельности ОАО «РЖД»; 1 апреля 2016г. распоряжением N 564р «О внесении изменений в Программу мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении и повышении эффективности деятельности ОАО «РЖД».

Таким образом, в настоящее время предпринимается шестая попытка внедрить процессное управление в холдинге «РЖД». В связи с этим актуальны два вопроса:

1. Зачем Российским железным дорогам процессное управление?
2. Что мешает внедрить процессное управление в холдинге?

Очевидно, на первый вопрос можно ответить, опираясь прежде всего на международную практику, поскольку убедительных примеров использования процессного управления в России немного. Прежде всего, это банковские структуры и IT-компании [2].

В международной практике также нет однозначно позитивного отношения к процессному управлению. Об этом свидетельствуют исследования компания BPTrends, которые ежегодно публикуются в докладе «The State of Business Process Management...», что можно перевести как «Текущее положение в области управления бизнес-процессами в … году». В 2018 году опубликован доклад по данным исследований за 2017 год [3]. В соответствии с выводами данного доклада в настоящее время наблюдается спад интереса менеджеров крупных компаний к процессному управлению. Руководитель исследовательской группы, Пол Хармон, пишет: «В настоящий момент все еще есть базовый интерес к технологиям процессного управления, но мы находимся в ситуации, когда энтузиазм менеджеров низкий. Мы предполагаем, что следующий период воодушевления вскоре снова начнется, движимый комбинацией цифровых методов и инструментов и технологий искусственного интеллекта. Они приведут к конкурентным преимуществам для компаний, которые смогут усилить свои процессы за счет этих новых технологий» [4].

Результаты исследования выявили основные драйверы, которые вынуждают компании фокусироваться на изменении бизнес-процессов:

– необходимость экономии за счет снижения затрат и /или повышение производительности труда отметили 54% респондентов;

– необходимость улучшить удовлетворенность клиентов для сохранения конкурентоспособности- 42 % респондентов;

– необходимость улучшить координацию между руководителями или ответственность- 36% респондентов [4].

Очевидно, что перечисленные драйверы актуальны для холдинга «РЖД».

Кроме того, респонденты отметили основные последствие внедрения процессного управления (BPM- business process management):

– нам требуется более четкая связь между нашими корпоративными целями и действиями, и BPM помогает каждому осознавать эту взаимосвязь;

– помогает разрушать функциональные колодцы и дает возможность людям обсуждать, как получить общий результат;

– нашей организации нужно постоянно меняться, чтобы выживать. Мы используем BPM чтобы делать это;

– нам нужно осуществлять более точный мониторинг работы и реагировать на отклонения гораздо более часто. Программные системы BPM помогают нам в этом;

– дает возможность каждому работать сообща с другими;

– помогает нам стандартизовать действия, при помощи которых мы создаем продукты и услуги. Это особенно важно для глобальной компании с деятельностью в различных регионах;

– дает нам оглянуться назад и понять, где лежат возможности улучшений;

– дает нашей организации единый язык общения;

– помогает нам гораздо быстрее подбирать новых сотрудников, показывая им, как мы реально работаем.

В целом, перечисленные последствия процессного управления, позволяют повысить управляемость компании и эффективность ее работы.

Ответ на второй вопрос (Что мешает внедрить процессное управление в холдинге?) менее очевиден. На наш взгляд, причины неоднократных неудач на этом пути кроются в организации системы управления холдингом.

Если вернуться к истокам процессного управления, то следует отметить, что появление этого подхода было обусловлено задачей повышения стабильности производственных процессов. Поскольку только при условии стабильных процессов можно получить результат гарантированного качества [5,6].

Можно ли говорить о стабильности процессов в ОАО «РЖД»? С одной стороны, в компании регламентированы все стороны ее функционирования, база АСПИЖТ содержит более 35000 документов [7].

С другой стороны, результаты исследования, проведенного автором в период с 2016 по 2019 годы, говорят об обратном. Целью исследования являлось определение эффективности организационной структуры управления ОАО «РЖД» и ее влияния на операционные процессы компании.

Основным методом исследования являлся метод фокального группового интервью. В группах экспертов за указанный период было составлено более 100 карт потоков создания стоимости в бизнес-процессах разных хозяйств [8].

По результатам обработки карт выявлены основные точки блокировок бизнес-процессов в ОАО «РЖД»:

- недостаток ресурсов для выполнения бизнес-процессов и их низкое качество- в 100% карт;
- низкая техническая оснащенность бизнес-процессов- в 89% карт;
- поставка на входы линейных предприятий некачественных услуг аутсорсинговых компаний – в 76% карт;
- недостаточная квалификация персонала – в 54% карт.

Анализ каждой из этих причин требует самостоятельного исследования. Но на первой из них можно продемонстрировать связь между организационной структурой управления и стабильностью бизнес-процессов.

В результате реформирования системы управления, в компании фактически выстроена матричная структура, в которой по вертикали управление осуществляется через функциональные филиалы, по горизонтали – через региональные центры корпоративного управления (в старой структуре- управления дорог). Общей характеристикой матричных структур является неустойчивое соотношение горизонтальных и вертикальных связей.

Стабильность организации обеспечивают вертикальные связи, которые реализуются в отношениях руководства – подчинения. Горизонтальные связи могут носить разовый, эпизодический и регулярный характер. Регулярные горизонтальные связи не дестабилизируют организацию, но придают ей гибкость. Разовые и эпизодические связи обеспечивают быструю реакцию организации на изменения среды, но они также вносят дисбаланс в организацию. Формой реализации таких связей являются разные варианты коллегиальных решений. В ОАО «РЖД» это различные совещания. При этом совещания могут носить регулярный характер, но решения, которые на них принимаются каждый раз затрагивают разные области деятельности.

В настоящее время совещания в ОАО «РЖД» фактически выполняют роль оперативного управления. Последствиями такого стиля руководства является поток оперативных приказов, указаний и распоряжений на уровень линейных предприятий.

Так в 2018 году по данным руководителей региональных дирекций тяги, из аппарата ЦТ (центральная дирекция тяги) за год было получено 4000 оперативных приказов, указаний и распоряжений. Кроме того, в среднем каждая региональная дирекция выработала за год 2000 оперативных приказов, указаний, распоряжений. Все они были транслированы на линейный уровень, что составляет в среднем 24 оперативных управленческих решений в день.

При этом общей практикой является отсутствие ресурсного обеспечения под данные оперативные решения. Оперативные управленческие решения имеют приоритет перед плановыми работами, так как они находятся на оперативном контроле руководителей высшего уровня управления. В результате происходит перераспределение ресурсов на их выполнение за счет основных бизнес-процессов. Таким образом, основные бизнес-процессы реализуются в условиях жесткого дефицита ресурсов в результате героических усилий работников линейных предприятий. В модели технологической зрелости, которая характеризует уровень организации по развитию процессного управления, данное положение дел соответствует первой ступени, которая называется «культура героев» [9].

Как результат – оперативное управление через горизонтальные связи ведет к снижению стабильности производства.

Таким образом, в действующей организационной структуре управления добиться стабильности производственных процессов невозможно, и, следовательно, очередные попытки

внедрения процессного подхода могут быть удачными только при комплексном решении проблем управления компанией.

Список литературы

1. Распоряжение ОАО «РЖД» № 1712 от 27.08.2017 г. «О программе мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении холдингом «РЖД».

2. Юрлова А.А. Внедрение процессного подхода в России: проблемы и решения // «Российское предпринимательство» № 14. 2014.

3. BPTrends. – URL.: https://www.bptrends.com/ (дата обращения 01.11.2019).

4. Репин В. Процессное управление: тренды и перспективы. Электронный ресурс http://www.finexpert.ru/print_version.php?id=935 (дата обращения 11.11.2019).

5. Биннер Х. Управление организациями и производством: От функционального менеджмента к процессному / Хартмут Биннер. – М.: Альпина Паблишера, 2010. – 282 с.

6. Уилер Д. Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 409 с.

7. БД АСПИЖТ. URL: http://www.vniias.ru/ pravovaya-baza-dannykh (дата обращения 21.10.2019).

8. Зенина Н.Н. Разработка карт потока создания ценности для совершенствования бизнес-процессов ОАО «РЖД» // Транспортные системы: тенденции развития: материалы Международной научно-практической конференции. 2016. С. 144-147.

9. Процессный подход в стандартах ИСО серии 9000 и на практике / [подгот. Герасимовой Г.Е. и др.].– М.: НТК «Трек», 2005. – 167 с.

УДК 656.257

ПОДХОД К ИНТЕЛЕКТУЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Черных Андрей Климентьевич *– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информатики и математики*

ФГКОУ ВПО Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии РФ

Яшин Михаил Геннадьевич *– кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах*

Военный институт Железнодорожных войск и военных сообщений
ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. В рамках статьи продолжается рассмотрения вопросов моделирования системы восстановления железных дорог в условиях чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера регионального масштаба. Предложена, не применяемая ранее для этих целей, новая методика автоматизированного построения продольного профиля обхода разрушенного объекта с использованием пакета прикладных программ «Mathcad». Представлен эффективный, с точки зрения минимизации восстановительных работ, способ автоматизации графического построения продольного профиля обхода, включая формирование его численных характеристик.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, автоматизированное построение продольного профиля обхода разрушенного объекта, алгоритм построения продольного профиля обхода разрушенного объекта, пакет прикладных программ «Mathcad».

APPROACH TO THE INTELLECTUALIZATION OF AUTOMATED SYSTEMS ON RAILWAY TRANSPORT

Chernykh Andrey K. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Informatics and Mathematics
St. Petersburg Military Order of Zhukov Institute of the National Guard of the Russian Federation
Yashin Mikhail G. – Candidate of Technical Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department Restoration of automation devices, telemechanics and communications on Railways
Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev
Military Academy of Logistics

Abstract. In the framework of the article, the issues of modeling the system of restoration of railways in emergency situations of natural or technogenic nature of a regional scale are ongoing [1]. A new technique has been proposed, which has not been previously used for these purposes, to automatically build a longitudinal profile of a detour around a destroyed object using the Mathcad application package. An effective, from the point of view of minimizing restoration work, method of automating the graphical construction of a longitudinal bypass profile, including the formation of its numerical characteristics, is presented.

Keywords: emergency, automated construction of a longitudinal profile of a detour of a destroyed object, an algorithm for constructing a longitudinal profile of a detour of a destroyed object, the Mathcad application package.

Разрушение транспортных объектов в результате чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного или техногенного характера регионального масштаба, в том числе и террористических актов, приводит к невозможности оперативной эвакуации местного населения из районов их возникновения, к затруднению выдвижения сил и средств силовых структур для проведения ликвидации последствий ЧС и восстановительных работ, а также проведения материально-технического обеспечения выполнения этих работ [1-9].

Известно, что наиболее сложным способом преодоления барьерных мест на железнодорожной сети в условиях природной или техногенной чрезвычайной ситуации является строительство обходов. Работы по строительству обхода планируются и организуются на основе проекта организации строительства обхода. Причем разработка проектной документации при строительстве обхода должна быть завершена в крайне сжатые сроки, не превышающие, как правило, одних суток [5].

В [5] также отмечено, что продольный профиль трассы, является основным техническим документом при строительстве железнодорожного пути, кроме того здесь же изложена методика неавтоматизированного построения продольного профиля трассы, позволяющая судить о значительных временных затратах при реализации этого построения.

Последние обстоятельства обосновывают необходимость разработки методики автоматизированного построения продольного профиля обхода разрушенного объекта с использованием пакета прикладных программ (ППП) «Mathcad», в котором имеются возможности, как расчета различных интегральных зависимостей, так и автоматизированного представления необходимых расчётов в виде графических иллюстраций расчётов.

Предложенная в статье методика, позволяющая минимизировать продолжительность автоматизированного построения продольного профиля обхода и формирования таблиц его основных показателей (уклоны, проектные и рабочие отметки) и тем самым осуществлять, в рамках заданных ограниченных временных интервалов, многовариантные расчеты, является с точки зрения авторов достаточно актуальной.

В качестве ограничений и допущений приняты следующие.

1. Уклон элемента профиля обхода не должен превышать величину руководящего уклона.

2. Элементы профиля обхода последовательно проектирующие спуск и подъем трассы необходимо разделять элементом с нулевым уклоном (горизонтальный участок трассы).

3. Грунты выемок пригодны для отсыпки в насыпь.

В условиях сформулированных выше ограничений и допущений критерием задачи построения графической модели профиля обхода будет следующий:

$$\sum_{i \in I_н} V_{нас,i} - \sum_{j \in J_в} V_{в ыем к j} \to \min , \qquad (1)$$

где $I_н$ – множество участков обхода, на которых необходима отсыпка грунта; $I_в$ – множество участков обхода, на которых необходима выемка грунта; $V_{нас,i}$ – объем возводимой насыпи на i-ом участке обхода, тыс. м^3; $V_{в ыем к j}$ – объем разрабатываемой выемки на j-ом участке обхода, тыс. м^3.

Приведём алгоритм построения продольного профиля обхода разрушенного объекта, иллюстрации в котором получены по результатам расчётов в ППП «Mathcad».

Шаг 1. Ввод исходных данных. В массив Y_{oz} вводятся значения отметок земли, в массив *L* – расстояния между отметками.

Шаг 2. Масштабирование осей *X* (расстояния между отметками) и *Y (*значения отметок земли*)*; задание прямой (*ykontr*(*x*)) , соединяющей проектные отметки нулевого и двенадцатого пикетов (рисунок 1) и позволяющей в первом приближении локализовать места расположения выемок и насыпей; формирование массива исходных проектных отметок ($Y_{pr}{}^T$), путем унижения на величину *h* (в качестве *h* здесь используется разность между значениями проектной отметки и отметки земли в нулевом пикете) соответствующих отметок земли в границах выемок и возвышения на величину h соответствующих отметок земли в границах насыпей.

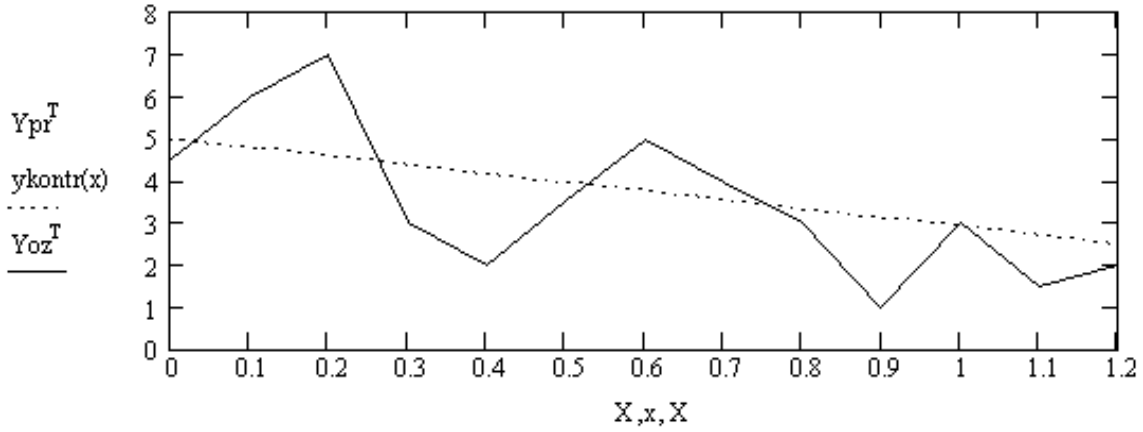


Рисунок 1 – Графическая модель значений отметок земли

Шаг 3. Задание новых значений проектных отметок элементов обхода в массиве $Y_{pr}{}^T$ (рисунок 2).

Задание этих новых значений осуществляется здесь естественным образом – путем унижения имеющихся значений проектных отметок в выемках, возвышения их в насыпях и организации при необходимости горизонтальных элементов (ограничение 2).

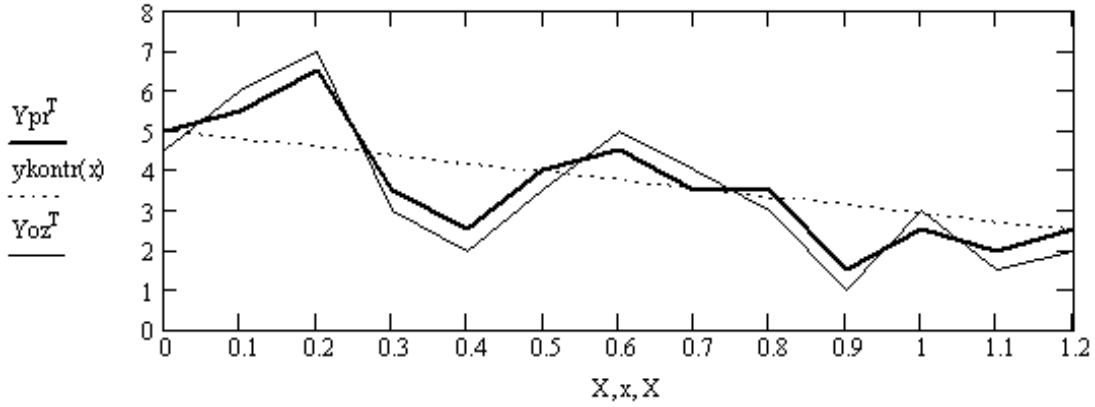


Рисунок 2 – Графическая модель проектной линии обхода

Контроль правильности задания новых значений осуществляется здесь с использованием автоматически формируемых:

1. Графической модели проектной линии обхода (рисунок 2);
2. Значения показателя критерия (1) – *K*, рассчитываемого по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^{12}\left[\int_{X_i}^{X_{i+1}}\left(Y_{pn_{1,i}}{}^{T} + \frac{\left(Y_{pn_{1,i+1}}{}^{T} - Y_{pn_{1,i}}{}^{T}\right)\cdot(x - X_i)}{(X_{i+1} - X_i)}\right) - \left(Y_{oz_{1,i}}{}^{T} + \frac{\left(Y_{oz_{1,i+1}}{}^{T} - Y_{oz_{1,i}}{}^{T}\right)\cdot(x - X_i)}{(X_{i+1} - X_i)}\right)dx\right];$$

3. Расчетных уклонов элементов обхода (массив *UKL*, рисунок 3), который рассчитывается по формуле:

$$UKL_{1,i-1} = floor\left(\frac{Y_{pn_{1,i}}{}^{T} - Y_{pn_{1,i-1}}{}^{T}}{L_{1,i}}\cdot 1000\right)\cdot$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	5	10	-30	-10	15	5	-10	0	-20	10	-5	5

Рисунок 3 – Значения уклонов элементов обхода (массив UKL)

Замечание 1. Для исключения неоправданного усложнения координатной системы графической модели проектной линии обхода, проведено масштабирование вдоль координаты Y, а именно значения отметок земли и проектных отметок скорректированы путем уменьшения на число 90.

Замечание 2. Отметим, что критерий (1) применим к величинам, измеряемым в единицах объема, а показатель *K*, в соответствии с теорией интегрального исчисления [6], измеряется в единицах площади. Однако никакого противоречия тут нет, поскольку критерий (1) обладает свойством мультипликативности, что позволяет не учитывать для данного класса расчетов ширину земляного полотна, которая в силу незначительной дисперсии вокруг своего математического ожидания, может быть учтена для этого критерия в постоянном сомножителе.

Заключая обсуждение порядка формирования проектной линии обхода, заметим, что кроме указанных выше контролирующих параметров, для более тщательного контроля можно использовать также междупикетные площади выемок и насыпей (рисунок 4), рассчитываемые по формуле:

$$S_i = \int_{X_i}^{X_{i+1}} \left({Y_{p\text{п}_{1,i}}}^T + \frac{\left({Y_{p\text{п}_{1,i+1}}}^T - {Y_{p\text{п}_{1,i}}}^T \right) \cdot (x - X_i)}{(X_{i+1} - X_i)} \right) - \left({Y_{oz_{1,i}}}^T + \frac{\left({Y_{oz_{1,i+1}}}^T - {Y_{oz_{1,i}}}^T \right) \cdot (x - X_i)}{(X_{i+1} - X_i)} \right) dx \cdot$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0	-50	-0	50	50	0	-50	0	50	-0	-0	50

Рисунок 4 – Значения междупикетных площадей выемок и насыпей (массив S^T)

Отметим, что здесь по-прежнему надо иметь в виду замечание 2.

Шаг 4. Формирование рабочих отметок обхода в массиве R_{otm} (рисунок 5).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	0.5	-0.5	-0.5	0.5	0.5	0.5	-0.5	-0.5	0.5	0.5	-0.5	0.5	0.5

Рисунок 5 – Значения рабочих отметок обхода (массив R_{otm})

В рамках изложенной технологии решения задачи проиллюстрируем многократную реализацию программы, реализующую итерационную минимизацию целевой функции (1).

Во исполнение этого плана будем последовательно корректировать исходные значения проектных отметок элементов обхода (массив ${Y_{pr}}^T$), приведенных в первой строке таблицы 1, отмечая жирным шрифтом в последующих строках этой таблицы их новые значения, указывая причины изменения, а также динамику изменения значения показателя *K*. Руководящий уклон для расчетов принят равным 10 промилям.

Отметим, что в каждой строке таблицы 1, начиная со второй, расположен скорректированный массив ${Y_{pr}}^T$. Результат применения ППП «Mathcad» приведен на рисунке 6.

Напомним, что вертикальные координаты точек проектной линии трассы (жирная линия на графике, представленном на рисунке 6) получаются прибавлением к соответствующему значению на этом графике числа 90, а горизонтальные – умножением на 1000. Единицы измерения метры.

Таким образом, в статье представлен эффективный, с точки зрения минимизации восстановительных работ, способ автоматизации графического построения продольного профиля обхода, включая формирование его численных характеристик.

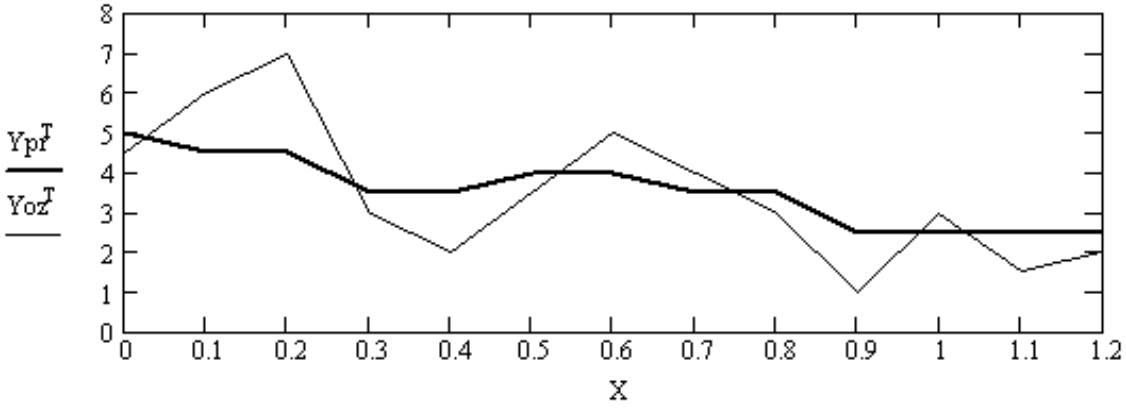


Рисунок 6 – Графическая модель профиля обхода

В заключение отметим, что, используя графические средства ППП «Mathcad», несложно включать в рамки продольного профиля схемы различных искусственных сооружений. Кроме того, вместо используемого выше критерия можно использовать другие, связанные с минимизацией объемов обрабатываемых земляных масс.

Таблица 1 – Пример применения ППП «Mathcad»

Элементы массивов Y_{pr}^{T}													Основание для корректировки	Значение K
95	95.5	96.5	93.5	92.5	94	94.5	93.5	93.5	91.5	92.5	92	92.5	-	100
95	95.5	96.5	93.5	**93.5**	94	94.5	93.5	93.5	91.5	92.5	92	92.5	ограничение 2	200
95	95.5	**95.5**	93.5	93.5	94	94.5	93.5	93.5	91.5	92.5	92	92.5	ограничение 1	100
95	95.5	95.5	93.5	93.5	94	94.5	93.5	93.5	**92.5**	92.5	92	92.5	ограничение 2	200
95	95.5	95.5	93.5	93.5	94	94.5	93.5	93.5	92.5	92.5	**92.5**	92.5	ограничение 2	250
95	95.5	95.5	93.5	93.5	94	**94**	93.5	93.5	92.5	92.5	92.5	92.5	критерий (1)	200
95	95.5	**94.5**	93.5	93.5	94	94	93.5	93.5	92.5	92.5	92.5	92.5	ограничение 1	100
95	**95**	94.5	93.5	93.5	94	94	93.5	93.5	92.5	92.5	92.5	92.5	критерий (1)	50
95	**94.5**	94.5	93.5	93.5	94	94	93.5	93.5	92.5	92.5	92.5	92.5	критерий (1)	0

Список литературы

1. Черных А.К. Теоретические положения концепции моделирования системы восстановления железных дорог в условиях чрезвычайных ситуаций // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции. – СПб.: BGN РАН. 2015. С. 99-103.

2. Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Приказ МЧС России от 18.09.2012 г. № 555. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Черных А.К., Копкин Е.В., Скопцов А.А. Прогнозирование управления перевозками в условиях чрезвычайной ситуации регионального масштаба на транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 2 (34). С. 56-65.

4. Черных А.К., Вилков В.Б. Управление безопасностью транспортных перевозок при организации материального обеспечения сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 52-59.

5. Ложечников Г.А., Низов А.С., Попов Д.И. Организация восстановления железных дорог: учебник. – СПб.: ВА МТО. 2014. – 302 с.

6. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. – М.: Наука, 1966. – 607 с.

7. Малыгин И.Г., Трудов О.Г. Метод директивной оптимизации в системах поддержки принятия решений в области пожарной безопасности железнодорожного транспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 86-94.

8. Яшин М.Г. Вопросы безопасности железнодорожной транспортной системы // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. Т. 1. С. 162-165.

9. Яшин М.Г., Пантелеев Р.А., Шарлай А.С. Методика обоснования оптимального решения при расчете и выборе станционного напольного восстановительного комплекта // Транспорт Урала. 2016. № 3 (50). С. 48-53.

УДК 725.35: 004.94

ЭВОЛЮЦИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ: ОТ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ К МАКСИМАЛЬНЫМ РАЗМЕРАМ ДВИЖЕНИЯ

Тимченко Вячеслав Сергеевич *– кандидат технических наук, специалист по транспортным перевозкам*

ООО «РТС», Национальное общество имитационного моделирования

Костенко Владимир Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов*

Богданович Данила Евгеньевич *– аспирант кафедры железнодорожных станций и узлов*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. В статье рассмотрен ретроспективный анализ имитационного моделирования железнодорожных линий, представлена принципиальная схема и основные положения, характеризующую работу имитационной модели.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, железнодорожная станция, поездопотоки, программный комплекс, имитационное моделирование.

INTERVALS MITATION OF TIME BETWEEN ORDERS IN THE WAREHOUSE

Timchenko Vyacheslav S. – Ph.D., Specialist in transport transportations

LLC RTS, National society of imitating modeling

Kostenko Vladimir Vasilyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Railway stations and hubs

Bogdanovich Danila Evgenyevich – Graduate student of the Department Railway stations and hubs

Petersburg State University of Communications Alexander I

Abstract. In article the railway lines simulation modeling retrospective analysis is considered, the elementary diagram and original positions, the characterizing work of a simulation model is submitted

Keywords: railway transport, railway station, trains streams, program complex, simulation modeling.

Сложность перевозочного процесса железнодорожного транспорта определяется совокупностью большого числа объектов, взаимно влияющих друг на друга.

Провозная способность железнодорожной линии пропорциональна пропускной способности участка и перерабатывающей способности станций, которая зависит от количества приемоотправочных путей и длительности обработки составов поездов, числа и схем оборота локомотивов и локомотивных бригад. Пропускная способность находится в прямой зависимости от технического оснащения железнодорожного участка и способа организации эксплуатационной работы.

Лимитирующими, или «узкими» местами железнодорожной линии могут стать элементы станционной инфраструктуры – пути по направлениям движения (приемные, сортировочные и отправочные), стрелочные горловины, элементы перегонов – главные пути, средства СЦБ, система электроснабжения и т.д. Оптимальное взаимодействие всех элементов железнодорожной линии должно надежно обеспечивать требуемый уровень пропускной и перерабатывающей способностей [1].

Объекты транспортной инфраструктуры со сложной конфигурацией и множеством структурных элементов, такие как железнодорожные станции и узлы, не поддаются жесткой формализации [2], в результате, их анализ производится на основе частично формализованных опытных, экспертных знаний [3]. Все это требует создания имитационных моделей железнодорожных линий [4-6], с целью определения «узких» мест и оценки достаточности мероприятий для освоения прогнозируемых объемов грузопотоков.

Программные комплексы имитационного моделирования (ИМ) являются незаменимым инструментом при рассмотрении систем и процессов со сложной структурой. Они дают возможность проведения экспериментов, реализовать которые на реальных объектах транспортной инфраструктуры невозможно, например, по соображениям безопасности, или из экономических соображений.

Следует отметить, что различие между оценкой пропускной способности железнодорожной линии и максимальными размерами движения (РД), заключаются в необходимости учета ограничений, которые накладывают перерабатывающие способности технических станций (отсутствие возможности отправить поезд на перегон из-за неготовности состава к отправлению), оборот локомотивов с локомотивными бригадами (отсутствие возможности отправить поезд на перегон из-за отсутствия свободного локомотива или локомотивной бригады), а также не универсальность ниток графика движения поездов.

Поэтому рассматриваемая имитационная модель должна учитывать эти факторы для перехода от расчета пропускной способности к расчету максимальных РД, которые могут быть пропущены по железнодорожной линии.

Требования к имитационной модели

Имитационная модель железнодорожной линии должна решать следующие задачи: отображение структуры, технологии, возможность проведения имитационных расчетов.

1. Отображение структуры.

Структура транспортного объекта, в данном случае, участка обращения локомотивов, при построении модели должна быть отображена максимально детально, особенно это касается железнодорожных станций, так как укрупнение станционных элементов может привести к искажению реального положения. Применительно к железнодорожной станции – это элементы стрелочных горловин, отдельные пути или участки пути.

2. Отображение технологии.

Технологию работы необходимо моделировать на уровне простейших операций. Под операцией понимается часть технологического процесса, которую нельзя без потери смысла делить далее: начавшись, операция должна заканчиваться.

Таким образом, технологический процесс представляет собой разветвленную последовательность операций и набор условий: после окончания выполнения одной операции начинается другая [7].

Набор проводимых экспериментов определяется задачей исследования. Модель должна выдавать полную и подробную характеристику объекта, его пропускной и перерабатывающей способности и других системных свойств, отображать количественную и качественную характеристику структуры объекта, технологии работы и РД поездов на «входе» и «выходе». Результаты ИМ должны стать основой для оптимизации структуры и технологии работы объекта.

3. Проведение имитационных расчетов.

Во-первых, необходимо адаптировать технологию работу железнодорожной линии к его структуре. Цель данного этапа – устранение задержек, вызванных несовершенством технологического процесса работы, несоответствием технологии выполнения операций заданной структуре. Таким образом, необходимо выяснить, что «может» структура, если технология работы не будет ей мешать.

На втором этапе выполняется детальная оценка структуры моделируемого объекта. Особое значение здесь имеют «узкие» места структуры объекта, т.е. элементы, которые вызывают наибольшие по продолжительности задержки.

На третьем этапе необходимо проведение мероприятий, направленных на совершенствование структуры объекта, что требует проведения экспериментов. На данном этапе необходимо взаимодействие специалистов по моделированию с проектировщиками.

Заключительный этап моделирования – проверка структуры и технологии функционирования объекта на возможность его работы в заданном диапазоне внешних условий. На данном этапе выполняется проверка параметров объекта в различных условиях работы: определяются резервы пропускной и провозной способности, устойчивость работы объекта при влиянии различных внешних факторов и изменении исходных данных, а также период восстановления устойчивого состояния работы объекта после сбоев и выхода объекта за пределы устойчивого состояния.

Данная имитационная модель должна обладать следующими особенностями:

1. База данных, которая в первую очередь задает корректность операций и различные параметры, должна быть «вшита» непосредственно в модель.

2. Исходные данные определяются при создании модели, при этом всегда должна быть возможность их изменить для получения и сравнения результатов непосредственно при ИМ работы линии.

3. Динамические данные определяются в процессе работы модели, то есть, при ИМ вводятся новые условия работы модели, что позволит выяснить, как модель будет справляться с входным потоком и когда её работа придет в устойчивое состояние.

4. Модель должна быть абсолютно прозрачной, т.е. в любой момент времени должна быть возможность просмотра текущих результатов её работы и оценки, в идеальном случае модель должна сама определять возникающие проблемы и сообщать об этом исследователю.

5. Полученный в результате модельных экспериментов отчёт должен быть максимально информативен и выдавать всю необходимую информацию о сбоях в работе линии и содержать график исполненного движения поездов.

Определившись с функциями, которые должна выполнять система, необходимо перейти к непосредственной реализации модели, то есть к написанию программного кода и создания интерфейса.

Среди множества различных языков программирования, самыми популярными на рынке IT являются C++, Java , C#. У каждого из них есть свои достоинства и недостатки.

Для создания модели принят язык C# [8]. Выбор языка программирования C# продиктован относительной простотой в его изучении, высокой расширяемостью системы, то есть в C# можно импортировать классы и объекты из других программ.

Выводы. Различие между оценкой пропускной способности железнодорожной линии и максимальными РД, заключается в необходимости учета ограничений, которые накладывают перерабатывающие способности технических станций, оборот локомотивов с локомотивными бригадами, а также неунифицированные нитки графика движения поездов.

Разработанная имитационная модель железнодорожной линии является актуальным решением текущих проблем, возникающих как при проектировании, так и при эксплуатации уже имеющихся железнодорожных участков и станций, поскольку она учитывает не только структуру и технологию, но и динамические связи между ними.

Список литературы

1. Осьминин А.Т. Увеличение пропускных и провозных способностей за счет повышения эффективности перевозочного процесса и транспортного обслуживания // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. 2018. Т. 2. С. 14-31.

2. Тимухина Е.Н. Повышение функциональной надежности железнодорожных станций при технологических сбоях: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / Тимухина Елена Николаевна. – Екатеринбург, 2011. – 44 с.

3. Вакуленко С.П., Шамров М.И. Универсальная имитационная модель транспортной системы // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. 2017. № 1. С. 187-192.

4. Тимченко В.С., Ковалев К.Е., Хомич Д.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: монография // LAMBERT Academic Publishing. 2017. С. 172.

5. Тимченко В.С., Костенко В.В., Богданович Д.Е. Эволюция имитационных моделей железнодорожных участков: от оценки пропускной способности к максимальным размерам движения // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 3. С. 75-80.

6. Мишкуров П.Н. Динамическая оптимизация параметров вагонопотоков в промышленных транспортных системах: Дисс. … канд. техн. наук.: Москва. 2016. – 168 с.

7. Козлов И. Т. Пропускная способность транспортных систем. – М.: Транспорт. 1985. – 214 с.

8. Богданович Д.Е. Обоснование развития железнодорожных станций методом имитационного моделирования // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах: материалы II Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. 2018. С. 151-157.

УДК 656.2:330.552

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Калачев Михаил Анатольевич *– кандидат экономических наук, доцент кафедры международного финансового и управленческого учета*

ФГАОУ ВО Российский университет транспорта

Аннотация. В работе рассматриваются предпосылки создания высокоскоростного железнодорожного сообщения в России, проанализирована экономическая эффективность подобных проектов и дана оценка внетранспортным эффектам от реализации проектов развития высокоскоростных железнодорожных магистралей. Большое внимание уделяется мультипликативнным экономическим эффектам. Обоснована необходимость создания высокоскоростного сообщения, как основы для развития национальной экономики.

Ключевые слова: высокоскоростные железнодорожные магистрали, внетранспортный эффект, ВСМ «Москва-Казань».

RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED RAILWAYS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Kalachev Mikhail A. – Ph.D of Economic Sciences, Associate Professor of International financial and management accounting Department

Russian University of transport.

Abstract. The paper discusses the prerequisites for the creation of high-speed railway in Russia, analised the economic efficiency of such projects and assesses the out-of-transport effects of the implementation of projects for the development of high-speed Railways. Much attention is paid to the multiplicative economic effects. The necessity of creation of high-speed communication as a basis for development of national economy is proved.

Keywords: high-speed railways, out-of-transport effect, HSR «Moscow-Kazan».

В настоящее время широко обсуждаются проекты создания в России высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ). Вопрос о необходимости реализации проектов скоростного и высоко скоростного движения возник уже достаточно давно. В 1989г. в СССР появился проект ВСМ «Центр-Юг», который должен был связать города Ленинград – Моск-

ва – Харьков – Лозовая – Симферополь – Минеральные Воды – Сочи. Строительство ВСМ планировалось начать в 1993 году, однако, в виду политического кризиса и развала СССР, проект был свернут.

В 2010 г. работы по проекту созданию ВСМ были вновь инициированы указом Президента России и постановлением Правительства РФ, а с появлением Транспортной стратегии России до 2030 года, был поставлен вопрос о создании высокоскоростных магистралей Москва – Санкт-Петербург, Москва – Казань – Екатеринбург и Москва – Ростов-на-Дону – Адлер и др. [1-7]

Высокоскоростная железнодорожная магистраль – это не просто железная дорога, связывающая между собой два города, это основной фактор, позволяющий интенсифицировать рост городской агломерации и деловой активности населения за счет роста транспортной доступности. Высокоскоростная железнодорожная магистраль – это своего рода «пригородное метро», как отмечает А.С. Мишарин [5]. Богатый опыт в сфере развития высокоскоростного движения зарубежных стран подтверждает это. Крупными лидерами в деле развития ВСМ выступают Япония, Испания, Франция, Италия, Германия, бурно развивается в этом направлении Китай [4].

Так, на сегодня приоритетным является реализация проекта ВСМ «Москва-Казань», в то время, как реализация ВСМ «Москва-Санкт-Петербург» оказалась под вопросом ввиду слишком высокой цены выкупа земель между двумя столицами. Однако критика таких крупных и высокозатратных проектов безусловно существует. Основные тезисы, которые сегодня отстаивают оппоненты проекта, следующие [6]: слишком высокая стоимость проекта; нерентабельность высоких скоростей на железнодорожном транспорте; плохой прогноз пассажиропотока; более эффективным является строительство вторых путей в «узких местах».

Основной аргумент противников ВСМ «Москва – Казань» – это высокая стоимость реализации проекта, которая несопоставима с ценой реализации в других странах. На сегодня она составляет 1068,5 млрд. руб. и была подтверждена такими крупными компаниями, как PwC, McKinsey, Ernst & Young. При длине магистрали в 770 км стоимость строительства 1 км пути составит около 1,4 млрд. руб., или около 16,3 млн. евро (18,5 млн. евро по курсу на начало 2015 г). В тоже время средняя стоимость строительства 1 км ВСМ в Испании составляет 21 млн. евро; итальянская линия между Турином и Миланом обошлась в 43,2 млн. евро за километр; в Германии на один километр трассы между Штутгартом и Ульмом потрачено 63 млн. евро [7]. Как видно, цены вполне сопоставимые и далеко не завышенные.

Другой аргумент в пользу отказа от проекта заключается в утверждении, что высокие скорости экономически не целесообразны и не выдерживают конкуренции ни с одним видом транспорта. Действительно, высокоскоростная железнодорожная магистраль не обладает достаточными преимуществами, чтобы серьёзно потеснить конкурентов по всем видам транспорта и во всех видах сообщения, однако такой цели не ставится. Задача ВСМ – захват определенного сегмент рынка пассажирских перевозок, а именно – перевозки на расстоянии от 150 до 1000 км в условиях гибкого тарифного ценообразования. На расстоянии до 150 км автомобильный транспорт дешевле и сопоставим по скорости, а на расстояниях свыше 1000 км – по цене и скорости выигрывает авиация. Таким образом, согласно расчетам ОАО «РЖД», по маршруту Москва – Нижний Новгород и Москва – Казань стоимость проезда будет составлять от 1200 руб. и 2400 руб., а время в пути из центра одного города в центр другого 1 ч 5 мин и 3 ч 30 мин, соответственно. Для сравнения: при использовании самолета по маршруту Москва – Нижний Новгород и Москва – Казань стоимость перелета будет составлять от 2100 руб. и 3000 руб., а время в пути с учетом времени до центра города 2 ч 30 мин и 4 ч 00 мин, соответственно. Автомобильный транспорт, несмотря на экономию в цене билета до 40%, проигрывает по времени в пути в 4-6 раз.

Существует множество споров о прогнозе пассажиропотока. Конечно, прогноз – вещь в некотором смысле субъективная, но, тем не менее, он позволяет представить пессимистичный и оптимистичный сценарии реализации проекта. По исследованию Центра стратегических разработок пессимистичный прогнозный пассажиропоток по направлению Москва – Нижний Новгород составит 2 380 тыс. чел., а по направлению Москва – Казань – около 1 900

тыс. человек. В целом, к 2019 г. по линии прогнозируется до 7,5 млн. чел. в год, а к 2030 г. – до 13,1 млн. чел. в год. Рост пассажиропотока будет обусловлен на 73% пересадкой пассажиров с других видов транспорта, и на 27% – индуцированным спросом за счет появления новой услуги с лучшим соотношением времени, комфорта и стоимости проезда, а также ликвидацией инфраструктурных разрывов. Если говорить об эффективности проекта и сравнивать её с эффективностью строительства новых путей для устранения «узких мест», то нужно начать с того, что проект ВСМ предполагает создание новой полноценной специализированной ветки со своим подвижным составом, а это означает освобождение ниток графика занятых пассажирскими поездами. Это позволит значительно разгрузить железнодорожную сеть на данном направлении и ускорить движение грузовых поездов, в частности – на участке Нижний Новгород – Казань [3]. Реализация проектов ВСМ также приведет к возникновению следующих косвенных экономических эффектов: эффект агломерации; рост занятости населения; эффекты регионального развития; эффект от занятости в строительстве; развитие туризма.

Масштабные инвестиции в транспортную инфраструктуру, подобные инвестициям в строительство ВСМ, безусловно, приводят к улучшению сообщения между административными центрами и периферийными районами, что, в свою очередь, приводит к централизации рынка труда и концентрации трудовых ресурсов [2]. Известно, что существует тесная взаимосвязь между концентрацией трудовых ресурсов, уровнем производительности и последующим экономическим ростом, объясняемая следующими основными факторами:

1) увеличение размера и глубины рынка труда. Больший выбор работников для работодателя и возможность снижения расходов на заработную плату за счет конкуренции между работниками;

2) увеличение числа конкурентов и потенциальных контрагентов. Создание дополнительных стимулов для развития инноваций и повышения эффективности, развитие специализации в обслуживающих отраслях;

3) огромные возможности для обмена связями и знаниями (например, в области научных исследований).

Таким образом, ВСМ является важным фактором, способствующим укреплению рынков за счет улучшения доступа к финансовым, земельным и трудовым ресурсам, что ведет к увеличению производительности, положительным эффектам масштаба и росту региональной экономики [8].

Представления о размерах косвенных эффектов существенно уточнились благодаря исследованиям, проведенным Центром экономических исследований (ЦЭИ) и партнерством «Новый экономический рост» с участием ведущих исследовательских организаций в области транспорта и экономического моделирования. Эффект инвестиционного спроса рассчитывается с применением модели межотраслевого баланса. Общая логика расчета этих эффектов состоит в том, чтобы просуммировать спрос на все виды продукции и услуг, который возникнет в экономике в результате строительства ВСМ. В соответствии с расчетами Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, строительство ВСМ «Москва-Казань» создаст мультипликативный эффект для производства продукции и услуг в размере 1,2 трлн рублей (в ценах 2013 года). Среди обрабатывающих отраслей наибольший эффект получит промышленность строительных материалов (117 млрд рублей) за счет производства шпал и материалов для верхнего строения пути, металлургия (111 млрд рублей) – рельсы, машиностроение (более 41 млрд рублей) – подвижной состав, контактная сеть и проч. Для отдельных высокотехнологичных отраслей промышленности спрос на продукцию со стороны ВСМ станет системообразующим. Согласно проведенным расчетам, совокупный прирост ВВП за счет инвестиционного спроса от создания ВСМ «Москва-Казань» составит 554 млрд рублей в период 2016-2019 годов. Таким образом, уже на стадии строительства проект ВСМ «Москва – Казань» имеет существенный экономический эффект. Эффект инвестиционного спроса от строительства ВСМ создаст бюджетный эффект в виде дополнительных налоговых поступлений в бюджеты всех уровней за 2014-2019 годы в размере 175,6 млрд рублей (то есть

компенсирует значительную часть инвестиций в проект), из них 31,3 млрд рублей – в регионах прохождения трассы [9].

Туристическая отрасль в РФ значительно менее развита по сравнению с государствами Европейского Союза, как в части международного, так и национального туризма. Развитие ВСМ позволит сделать национальный туризм более доступным, а также привлечь зарубежных туристов в культурно-исторические центры нашей Родины.

Подводя итог, можно сделать несколько общих **выводов** о целесообразности строительства ВСМ «Москва – Казань»:

1. Большая часть аргументов против проекта ВСМ «Москва – Казань» не выдерживает критики.
2. Мультипликативный экономический эффект от реализации проекта позволит окупить затраты бюджета достаточно быстро.
3. Реализация проекта ВСМ «Москва – Казань», как и дальнейшее развитие высокоскоростного сообщения, является важным фактором развития экономики России.

Список литературы

1. Калачев М.А., Макеева Е.З. Сравнительный анализ организационных моделей реализации крупных инфраструктурных транспортных проектов // Транспортное дело России 2015. № 4. С. 142-146.
2. Калачев М.А. Причины и вероятные последствия привлечения иностранных инвестиций в проект строительства ВСМ «Москва-Казань» // Экономические аспекты логистики и качества работы железнодорожного транспорта: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Омск: ОмГУПС. 2016. С. 301-305.
3. Калачев М.А., Макеева Е.З. Влияние социально-экономических и экологических факторов на выбор модели реализации инфраструктурного транспортного проекта // Транспортное дело России. 2016. № 2. С. 123-125.
4. Киселев И.П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт и перспективы его развития в мире // Транспорт Российской Федерации. 2012. № 5 (42). С. 44-51.
5. Мишарин А.С. Развитие скоростного и высокоскоростного сообщения в Российской Федерации. – М.: ВИНИТИ РАН, 2014. – 299 с.
6. URL.: http://www.business-gazeta.ru/blog/203646/ (дата обращения 10.10.2019).
7. URL.: http://www.hsrail.ru/press-center/smi/198.html (дата обращения 10.10.2019).
8. URL.: http://www.hsrail.ru/projects/features/ (дата обращения 10.10.2019).
9. URL.: http://www.hsrail.ru/press-center/smi/605.html (дата обращения 10.10.2019).

УДК 621.313.333.2+06

СИСТЕМА МАГНИТНОЛЕВИТАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА С БОКОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ И ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ

Соломин Андрей Владимирович *– кандидат технических наук, доцент кафедры вагонов и вагонного хозяйства*

Чехова Анастасия Алановна *– аспирант энергетического факультета*

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

Аннотация. В настоящее время огромное внимание уделяется развитию высокоскоростного магнитнолевитационного транспорта, где тяговым элементом является линейный асинхронный двигатель. В данной работе была предложена конструкция линейного асинхронного двигателя, способная повысить усилия поперечной стабилизации, путем выполнения боковых частей вторичного элемента линейного асинхронного двигателя в виде

короткозамкнутых обмоток. Такое исполнение имеет научную новизну, подтвержденную патентом на изобретение. Улучшение усилий боковой стабилизацией позволит повысить безопасность движения экипажа.

Ключевые слова: магнитнолевитационный транспорт, линейный асинхронный двигатель, поперечная стабилизация, короткозамкнутая обмотка, вторичный элемент, магнитный поток, индуктор, вихревой ток, электропроводящие стержни.

THE SYSTEM OF MAGNETIC-LEVITATION TRANSPORT WITH A LATERAL STABILIZATION AND INCREASED SAFETY OF TRANSPORTATION OF PASSENGERS

Solomin Andrey V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Wagons and Wagon Economy

Chekhova Anastasia Al. – Graduate Student of the Energy Faculty

Rostov State Transport University (RSTU)

Abstract. Currently, a great attention is paid to the development of high-speed magnetic-levitation transport, where the traction element is a linear induction motor. In this work, a linear induction motor design was proposed that can increase the lateral stabilization forces by performing the lateral parts of the secondary element of the linear induction motor in the form of short-circuited windings. This design has scientific novelty, confirmed by a patent for an invention. Improving the lateral stabilization efforts will improve crew safety.

Keywords: magnetic-levitation transport, linear induction motor, lateral stabilization, short-circuited winding, secondary element, magnetic flux, inductor, eddy current, electrically conductive rods.

Развитию новых видов транспорта в последние годы уделяется повышенное внимание, в первую очередь, это относится к высокоскоростному магнитолевитационному (МЛТ) транспорту. МЛТ обеспечивает скорости движения пассажиров и грузов в пределах 500-1500 км/ч и способны увеличить грузооборот на один или два порядка. Это позволит поднять технико-экономическое развитие человеческого общества на новый уровень.

Важную роль в создании и развитии высокоскоростного магнитолевитационного транспорта играют линейные тяговые двигатели, преобразующие электроэнергию непосредственно в поступательное движение транспортного экипажа. Рассмотрим линейные асинхронные двигатели (ЛАД), которые на первых этапах развития МЛТ будут являться основными тяговыми машинами. ЛАД уже успешно используются в качестве тяговых двигателей на действующей в Китае системе МЛТ, соединяющей аэропорт с городом Шанхай. В Ростовском государственном университете путей сообщения (РГУПС-РИИЖТ) были разработаны линейные асинхронные двигатели с боковой поперечной стабилизацией. Это улучшит конструкцию ЛАД, а также позволит повысить безопасность при перевозке пассажиров.

В данной статье представлены результаты изменения конструктивного исполнения линейных асинхронных двигателей для магнитолевитационного транспорта.

Линейный асинхронный двигатель

Одной из важнейших задач использования магнитолевитационного транспорта является обеспечение безопасности движения при перевозке пассажиров. Этому вопросу посвящено много интересных разработок [1-11]. Так, была спроектирована конструкция линейного асинхронного двигателя с улучшенной системой боковой стабилизацией [12-13]. Это было достигнуто путем исполнения боковых частей электропроводящей части вторичного элемента ЛАД в виде короткозамкнутых обмоток (рисунок 1).

Принцип действия такого линейного асинхронного двигателя состоит в следующем. При подключении катушек обмотки, соединенных по схеме (рисунок 2) индуктора к источнику трёхфазного напряжения по ним протекут токи, создающие магнитные потоки. Маг-

нитные потоки, созданные продольными рядами катушек обмотки, будут бегущими вдоль оси ЛАД. Они, пересекая срединную часть электропроводящей части вторичного элемента, индуктируют в ней электродвижущие силы, вызывающие протекание вихревых токов.

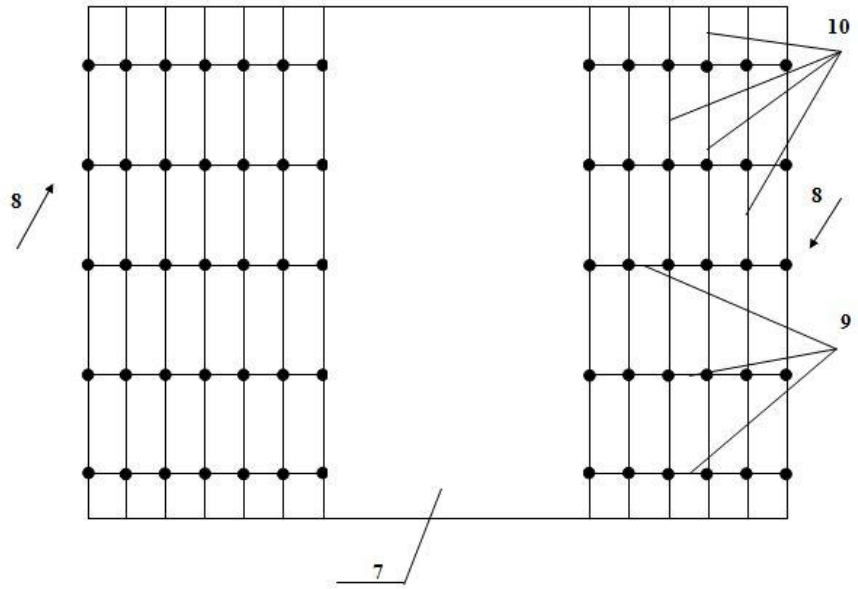


Рисунок 1 – Электропроводящая часть вторичного элемента.
7 – сплошная часть; 8 – боковые части; 9 – чередующиеся электропроводящие стержни, перпендикулярные сплошной части; 10 – чередующиеся электропроводящие стержни, параллельные сплошной части; 11 – чередующиеся электропроводящие стержни, перпендикулярные центральной части

A	B	C	B	A
B	C	A	C	B
C	A	B	A	C
A	B	C	B	A
B	C	A	C	B
C	A	B	A	C
.	.	.	.	.

Рисунок 2 – Схема соединения обмотки индуктора

Вихревые токи срединной части вторичного элемента при взаимодействии с магнитными потоками, бегущими в продольном направлении, создают тяговые механические усилия, под действием которых индуктор ЛАД будет перемещаться в направлении, противоположном направлению бегущего магнитного поля.

Магнитные потоки, созданные токами поперечных рядов катушек обмотки, будут «бежать» навстречу друг другу от краёв индуктора к его центру. Поперечно бегущие магнитные потоки, взаимодействуя с токами в срединной части электропроводящей части вторичного элемента, ими индуктированными создадут встречно действующие в поперечном направлении механические усилия. Эти усилия при симметричном расположении индуктора ЛАД относительно вторичного элемента взаимно уравновешиваются и не оказывают влияния на работу двигателя.

При поперечном смещении индуктора ЛАД относительно вторичного элемента (например, экипаж МЛТ сместился из-за порыва ветра) равенство этих усилий нарушается. Например, при смещении индуктора ЛАД вправо в каждом поперечном ряду поперечные усилия, действующие слева направо, останутся теми же по величине, что и при симметричном расположении индуктора ЛАД и вторичного элемента, так как эти усилия создаются при взаимодействии поперечно бегущих в этом же направлении магнитных потоков, созданных токами трёх катушек индуктора, с токами ими индуктированными в срединной части вторичного элемента. Одновременно поперечные усилия, действующие на индуктор в поперечном направлении справа налево увеличатся, поскольку часть индуктора окажется над боковой частью 8 (рисунок 1) электропроводящей части вторичного элемента.

Видно, что боковые части 8 (рисунок 1) представляют собой короткозамкнутые обмотки, образованные электропроводящими стержнями 9 и 10 (рисунок 1). Поэтому часть магнитного потока, бегущего поперёк справа налево, будет взаимодействовать с токами в короткозамкнутых обмотках и усилие, действующее справа налево, увеличится (токи в стержнях 10 направлены перпендикулярно магнитному потоку и имеют большую длину активного взаимодействия с магнитным потоком).

В результате под действием разности усилий, действующих справа налево и слева направо, индуктор будет смещаться влево до тех пор, пока не займёт симметричного расположения относительно вторичного элемента. Так достигается поперечная стабилизация индуктора ЛАД (рисунок 2).

Разработка линейного асинхронного двигателя с улучшенной системой боковой стабилизацией очень актуальна для магнитнолевитационного транспорта. Так как обеспечение безопасности при транспортировке пассажиров является одной из самых важных задач в использовании МЛТ.

Список литературы

1. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. и др. Магнитолевитационная транспортная технология: монография; под ред. В.А. Гапановича. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2014. – 476 с.
2. Зайцев А.А., Талашкин Г.Н., Соколова Я.В. Транспорт на магнитном подвесе: монография. – СПб.: ПГУПС. 2010. – 160 с.
3. Антонов Ю.Ф. Зайцев А.А. Магнитолевитационный транспорт: научные проблемы и технические решения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. – 612 с.
4. Зайцев А.А., Морозова Е.И., Талашкин Г.Н., Соколова Я.В. Магнитолевитационный транспорт в единой транспортной системе страны: монография. – СПб.: Изд-во ООО «Типография «НП-Принт», 2015. – 140 с.
5. Зайцев А.А. О современной стадии развития магнитолевитационного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2016. № 12. С. 62-65.
6. Зайцев А.А. Магнитолевитационные транспортные системы и технологии // Железнодорожный транспорт. 2014. № 5. С. 69-73.
7. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А., Морозова Е.И. Исследование магнитодинамической левитации и электродинамического торможения грузовой транспортной платформы // Известия ПГУПС. 2014. № 4 (41). С. 5-15.
8. Лапидус Б.М. Лапидус Л.В.Железнодорожный транспорт: философия будущего. – М.: Прометей, 2015. – 232 с.
9. Соломин А.В. Линейный асинхронный двигатель для высокоскоростной транспортной системы на магнитной подвеске // Вестник РГУПС. 2004. № 4. С. 41-44.
10. Соломин В.А., Соломин А.В., Замшина Л.Л. О рациональном взаимном расположении индуктора и вторичного элемента тягового линейного асинхронного двигателя для высокоскоростного транспорта // Вестник РГУПС. 2009. № 2. С. 120-123.
11. Соломин В.А., Соломин А.В., Замшина Л.Л., Быкадоров А.Л. Усилия поперечной самостабилизации тягового линейного асинхронного двигателя // Вестник РГУПС. 2012. № 1. С. 71-74.

12. Пат. 2518915 Российская Федерация. МПК H02K 41/025. Линейный асинхронный двигатель / В.А. Соломин, А.В. Соломин, А.А. Бичилова, О.В. Непомняющая. № 2012153276/07. Заявл. 10.12.2012; опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16.

13. Пат. 2623576 Российская Федерация. МПК H02K 41/025. Линейный асинхронный двигатель / А.А. Бичилова. № 2016101378. Заявл. 18.01.2016; опубл. 28.06.2017. Бюл. № 19.

УДК 519.8

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСОБЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН С УЧЕТОМ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Масаев Сергей Николаевич *– кандидат технических наук, доцент*
Едимичев Дмитрий Александрови *– кандидат технических наук, доцент*
ФГФОУ ВО Сибирский федеральный университет

Аннотация. В книгах «Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров» и «Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года» рассчитана окупаемость инфраструктурных проектов около 8 лет, либо под большим вопросом. Также дается общее понимание направления развития инфраструктуры на интеграцию в китайский шелковый путь. В статье проведен альтернативный анализ развития инфраструктурного проекта железной дороги, ветки Аэропорт Емельяново – ст. Бугач г. Красноярск. Данный инфраструктурный проект должен стимулировать развитие особой экономической зоны на территории Аэропорта Красноярск. Для обоснования строительства обозначены общие тенденции развития мегапроектов в США, Китае и др. Красноярск уникальный субъект РФ и уникальный участок суши мировых транспортно-логистических маршрутов движения ресурсов и товаров, поэтому окупаемость инфраструктурного проекта очевидна и должны быть в разы меньше чем 8 лет.

Ключевые слова: Россия, США, Индия, мегапроект, аэропорт Красноярск, особая экономическая зона, эффективность

PROGRAM COMPLEX FOR ESTIMATING THE EFFICIENCY OF SPECIAL ECONOMIC ZONES, TAKING INTO ACCOUNT INFRASTRUCTURE PROJECTS OF CONSTRUCTION OF RAILWAYS

Masaev Sergej N. – PhD, Tech., Associate Professor
Edimichev Dmitrij Al. – PhD, Tech., Associate Professor
Siberian Federal University

Abstract. In the books «Integrated Development of the Territory of the Russian Federation Based on Transport Spatial and Logistic Corridors» and «Infrastructure of Siberia, the Far East and the Arctic. Status and three stages of development until 2050», the payback period for infrastructure projects for about 8 years is calculated, or under a big question. A general understanding of the direction of infrastructure development towards integration into the Chinese Silk Road is also given. The article provides an alternative analysis of the development of the infrastructure project of the railway line Emelyanovo Airport - st. Bugach, Krasnoyarsk. This infrastructure project should stimulate the development of a special economic zone on the territory of the Krasnoyarsk airport. To justify the construction, general trends in the development of megaprojects in the USA,

China and others are indicated. Krasnoyarsk is a unique subject of the Russian Federation and a unique land area of the world transport and logistics routes for the movement of resources and goods, therefore the payback for the infrastructure project is obvious and should be several times less than 8 years.

Keywords: Russia, USA, India, megaproject, Krasnoyarsk airport, special economic zone, efficiency.

На первый взгляд вопрос строительства железной дороги выглядит однозначным – строить, оптимизировать, управлять [1,2]. Действительно, строительство первых железных дорог в Англии, США, Российской империи, Китае было предвестником промышленно-производственного роста страны. Сегодня, анализируя железные дороги США, нельзя не отметить, что железные дороги переживают спад. Львиная доля – это грузоперевозки. В Китае перестали стремиться наращивать железнодорожную сеть для промышленно-производственных нужд. Китайские мега проекты больше нацелены на развитие пассажирского сообщения с Берлином, Лондоном, Нью-Йорком и Москвой и являются ответной реакцией на санкции США. В России окупаемость Мегапроекта, описанного в книгах «Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров», «Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года», очень долгая 8 лет и прирост ВВП составляет всего лишь 2% [3,4].

В книге озвучено развитие проектов в Красноярском крае: «Для повышения роли Красноярска, как одного из ключевых центров транспортной логистики Сибири, на базе ап Емельяново предусматривается создание ТЛЦ. Нужно строительство северного ж/д обхода Красноярска» [4], поэтому цель работы рассчитать альтернативную экономическую эффективность для инфраструктурного проекта, соединяющего Аэропорт Емельяново и г. Красноярск с учетом большего числа влияющих на модель параметров.

Описание программы

Авторский программный комплекс состоит из:

1. Автоматизированный расчет и заполнение форм экономической оценки инвестиционных проектов в соответствии с постановлением Совета администрации Красноярского края «О государственной поддержке инвестиционной деятельности» 91-П (Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ № 2017616970.2016).
2. Автоматизированный расчет параметров эффективности налоговых льгот, применяемых в отрасли производства, услуг (Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ № 2017617079.2016).
3. Оценка достижения выбранной стратегии предприятия по универсальным показателям бизнес функций производственных процессов и процессов управления (Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ № 2017616973.2016).
4. Программный комплекс оценки эффективности управленческого решения (Свидетельство РосПатента о регистрации программы для ЭВМ № 2008610295.2007).

В программный комплекс вводится следующая информация:

1. По резидентам особой экономической зоны:

Структура проекта и собственников. Источники и структура софинансирования.

Характеристика производимой продукции. Потребительские качества для конкретного рынка по стандартам качества.

Анализ рынка: структура лесного комплекса, внутреннее потребление, внешнее потребление, анализ развития тенденции рынка.

Организационный план: этапы реализации проектов и перечень внедряемых улучшений хозяйственной деятельности предприятия.

Маркетинговый план: описание структуры сбыта; преимущества продукции. Выполнен анализ целевых рынков.

Производственный плана: выполнены инжиниринг технологического процесса, схема материальных потоков производства, остатков складов.

Анализ ресурсов: учитывается дата приобретения и ввода основные средств, характеристика проектных и строительных работ, анализ кадровых решений, формирование стратегии запасов на складах.

Воздействие на окружающую среду: сформирована логистика перемещения товарно-материальных ценностей в зависимости от экологического инжиниринга.

Анализ проектных рисков: оценены политические риски, риск усиления конкуренции, риски отсутствия спроса на выпускаемую продукцию, риски недостаточной квалификации менеджмента компании, риск срыва срока запуска производства, риск срыва поставок сырья.

Финансовая модель: созданы и рассчитаны интегральные показатели проекта. Выполнен: анализ основных средств, анализ затрат на персонал и др.

2. Заданы характеристики инфраструктурного проекта.

Сметная стоимость, условия работы, количество перевозимого груза.

Заключение

Моделирование выполнено в авторском комплексе программ. Размерность системы (особой экономической зоны) 4,6 млн. значений. Анализируемый период 5 лет. Учтены вся структура и целевые функции деятельности подсистем (резидентов ОЭЗ) Время расчета 180 минут. В альтернативном инфраструктурном проекте есть возможность снизить ставку налога на прибыль резидентам ОЭЗ, прирост ВРП больше на 5% и равен 7%, окупаемость выше и составляет 3 месяца вместо 8 лет.

Обобщая вышесказанное можно сказать, что строительство железных дорог в России должно быть ориентированно на стимулирование экономического развития страны и только лишь какая-то часть ориентироваться на использоваться для интеграции в китайский шелковый путь. Полученные данные совпадают с ранее проведенными исследованиями [5-7].

Список литературы

1. Цыганов В.В. Принципы построения информационной теории больших транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной-научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 14-19.

2. Зайцев А.А., Соколова Я.В. О масштабных проектах развития инфраструктуры // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной-научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 11-14.

3. Козлов В. В. и др. Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Российская академия наук. – М.: Наука, 2019. – 463 с.

4. Макоско А. А., Цыганов В. В. и др. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года. – М.: ИПТ РАН, 2019. – 465 с.

5. Масаев С.Н., Доррер М.Г. Оптимизация распределения ресурсов по подсистемам предприятия при помощи формулы Беллмана // Материалы десятой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы информатизации региона» ПИР-2007» СФУ. Красноярск. 2007. С. 61-66.

6. Масаев С.Н., Белозеров В.В. Проблемы внедрения системы сбалансированных показателей в России // Перспективные материалы технологии конструкции: материалы Всероссийской научно-технической конференции. Красноярск. 2006. С. 192-193.

7. Масаев С.Н., Доррер М.Г. Методика комплексной оценки управленческих решений в производственных системах с применением корреляционной адаптометрии // Современные проблемы информатизации в системах моделирования, программирования и телекоммуникациях: материалы I Международной научной конференции. Москва. 2009.

УДК 519.8

РОССИЯ И США – ЭФФЕКТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КАК ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Масаев Сергей Николаевич *– кандидат технических наук, доцент*
ФГФОУ ВО Сибирский федеральный университет

Аннотация. Актуальность эффективности строительства железных дорог сегодня в России является приоритетной темой и ее хорошо освещают две книги «Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров» и «Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года». Рассматриваемые вопросы очень актуальны в условиях реализации большого количества мегапроектов со стороны США, Китая, Индии и других стран. Приведено исчерпывающее количество информации характеризующее системное развитие проектов «Транс-Евразийский пояс развития» и «Интегральная евразийская транспортная система» и мегапроектов США, Китая, Индии и других стран. В рамках развития «Транс-Евразийский пояс развития» и «Интегральная евразийская транспортная система» становится актуальным развитие инфраструктурных проектов Красноярского края. Сегодня экономических предпосылок для строительства железнодорожного маршрута Аэропорт Емельяново – ст. Бугач г. Красноярск больше, чем достаточно. Красноярск уникальный субъект РФ и уникальный участок пересечения мировых транспортно-логистических маршрутов движения ресурсов и товаров. Проблема заключается в том, что если сейчас не реализовать уникальное географическое местоположение Красноярского края и его уникальные экономические преимущество железнодорожной веткой Аэропорт Емельяново - ст. Бугач г. Красноярск, то Край и Россия потеряет перспективный транспортный узел, способный стать центром Европейско-Азиатской торговли с Америкой и Канадой. Железнодорожная ветка аэропорт Емельяново – ст. Бугач г. Красноярск будет являться экономическим стимулом развития Емельяновского района г. Красноярска, Красноярского края и России.

Ключевые слова: Россия, США, Индия, мегапроект, ХАБ, аэропорт Красноярск, особая экономическая зона, Беллман, оптимальное управление.

RUSSIA AND USA – EFFECTIVE CONSTRUCTION OF RAILWAYS AS A PROBLEM OF OPTIMAL MANAGEMENT

Masaev Sergej N. – PhD, Tech., Associate Professor
Siberian Federal University

Abstract. The relevance of railway construction efficiency in Russia today is a priority topic and it is well covered by two books «Integrated Development of the Russian Federation on the Basis of Spatial and Logistic Transport Corridors» and «Infrastructure of Siberia, the Far East and the Arctic. Status and three stages of development until 2050» The issues under consideration are very relevant in the context of the implementation of a large number of megaprojects from the United States, China, India and other countries. An exhaustive amount of information is given that characterizes the systemic development of the Trans-Eurasian Development Belt (TEPR) and Integrated Eurasian Transport System (IETS) projects and megaprojects from the USA, China, India and other countries. As part of the development of TEPR and IETS, the development of infrastructure projects in the Krasnoyarsk Territory becomes relevant. Today, the economic prerequisites for the construction of the railway route Emelyanovo Airport – st. Bugach Krasnoyarsk more than enough. Krasnoyarsk is a unique constituent entity of the Russian Federation and a unique intersection of world transport and logistics routes for the movement of resources and goods. The problem is that if you do not now realize the unique geographical location of the Krasnoyarsk Territory and

its unique economic advantage, the railway line Emelyanovo Airport – st. Bugach, Krasnoyarsk, then the Territory and Russia will lose a promising transport hub that can become the center of European-Asian trade with America and Canada. Railway line Emelyanovo Airport - st. The Bugach city of Krasnoyarsk will be an economic incentive for the development of the Emelyanovsky district of Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Territory and Russia.

Keywords: Russia, USA, India, megaproject, HUB, Krasnoyarsk airport, special economic zone, Bellman, optimal management.

Актуальность исследования эффективности инфраструктурных проектов возрастает в вопросе расчета их эффективности и интеграции в экономику России и других стран [1-4].

История развития железных дорог уходит на 1,5 века назад и неизменно связана с экономическим развитием любого государства. Не случайно самая экономически развитая страна США показала лучший за всю историю прирост длинны железнодорожного пути с 30 000 км до 408 000 км. во время роста промышленности и первой особой экономической зоны. В 1830 г. железная дорога в Америке была создана, прежде всего, для обеспечения экспорта товаров сельского хозяйства через порт штата Балтимор. Также железная дорога помогла Америке политически закрепить единство 13 штатов революционеров с остальными штатами пол лозунгом «Соединяем первые 13 штатов, со страной». Первая железная дорога в России возникла в 1788 г. локально для производства и перемещения высоких объемов грузов в тяжелой промышленности (Пушечном заводе и Сереброплавильном заводе) и доказала свою эффективность. Дальнейшее развитие железнодорожного транспорта в России было прервано февральской революцией 1917 г. В 1830 г. первая железная дорога Англии позволила соединить производственный центр г. Манчестер с портом Ливерпуль придав ускоренное экономическое развитие территории.

История создания Китайской железной дороги также предшествовала колоссальному экономическому рывку поднебесной. Китайская железная дорога большей частью располагается на востоке Китая для поддержания экспортной экспансии китайских товаров через порты. В сторону России Китай развивать железною дорогу принципиально не планирует. Это видно из фактической схемы Китайской железной дороги. Китай единственная страна в мире, где железная дорога растет усиленными темпами и где их длинна не сокращалась. Отдельно стоит отметить амбициозную цель Китайской железной дороги – построить путь от Пекина до Лос-Анджелеса. За 24 часа Китайский поезд будет проходить 13 тысяч километров пересекать Владивосток, побережье Охотского моря, уходить в 200-километровый тоннель под Беринговым проливом, дальше по Аляске, по западному побережью Канады и Ванкувера, а в конце по США до Лос-Анджелеса. В перспективе ее можно будет продлить на восток до Нью-Йорка и на юг в сторону Южной Америки. Менее амбициозная цель Китайских железных дорог – построить маршрут Пекин-Лондон, Пекин-Москва. Обобщая вышесказанное можно отметить, что первоначальное развитие железных дорог связано с обеспечением внутренних потребностей экономики и задач экономики. Кроме Развития железнодорожного сообщения для шелкового пути необходимо рассмотреть альтернативную задачу развития железнодорожного сообщения с целевыми функциями субъектов РФ, особых экономических зон (ОЭЗ), предприятий (резидентов ОЭЗ).

Моделирование выполнено в авторском комплексе программ. Размерность системы (ОЭЗ) 4,6 млн. значений. Анализируемы период 5 лет. Учитываются вся структура и целевые функции деятельности подсистем (резидентов ОЭЗ) Время расчет 180 минут.

Расчет выполнялся по следующему алгоритму:

1. Особая экономическая зона задан рекуррентным уравнением. Размерность вектора выходных параметров 4,6 млн. значений (они все известны).

2. Рассчитана чувствительность валового регионального продукта (ВРП) Красноярского края от изменения налоговых ставок и субсидий для резидентов (предприятий) ОЭЗ.

3. Выбран наиболее чувствительный инструмент, влияющий на ВРП субъекта РФ.

4. Заданы целевые функции: повышение ВРП и налоговых отчислений.

5. По известным функциям переходов (состояний) параметра для оптимального управления рассчитаны оптимальные режимы распределения субсидии или налога, выбранного на шаге 3 [5,6].

6. На основе сметной стоимости железнодорожной ветки рассчитана ее окупаемость и значения целевых функций. Рассчитано, что если каждые 5 лет создавать ОЭЗ аналогичной ОЭЗ, созданной в первый год, то удается догнать темпы роста ведущие территории ОЭЗ США, Китая и Индии (рисунок).

Цифры в графике означают количество ОЭЗ в стратегии развития ОЭЗ: 1 – 1 ОЭЗ и ее траектория развития, 2 – две ОЭЗ и их траектория развития, 3 – 3 ОЭЗ и их траектория развития и т.д.

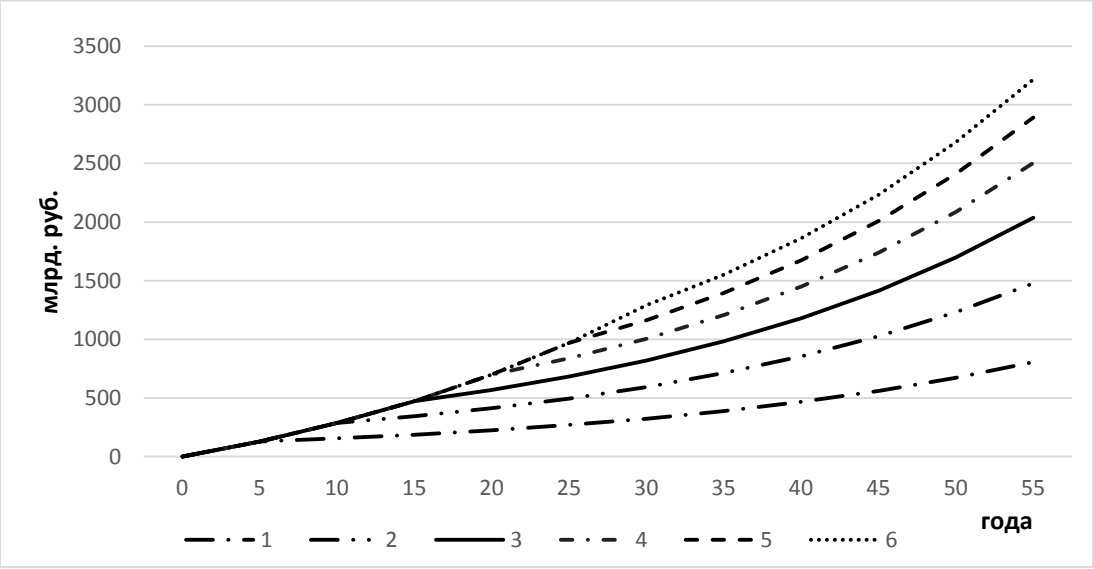


Рисунок – Стратегии опережающего развития ОЭЗ Красноярского края

Заключение

Автором рассчитана эффективность оптимального управления строительства железнодорожного сообщения от аэропорта Красноярск до г. Красноярск по параметрам инфраструктурного проекта. Учтены целевые функции особой экономической зоны, резидентов ОЭЗ, субъекта РФ. Рассчитаны: самая эффективная мера поддержки развития субъекта (возмещение затрат на транспортировку грузов резидентами ОЭЗ), стимулирующее значение налога на прибыль (ставка 16%), при оптимальном распределении субсидии определен прирост ВРП и ВВП 7%, окупаемость железной дороги составит 3 месяца. Альтернативная стратегия роста привлекательнее по сравнению с окупаемость мегапроекта по ВВП 2% и окупаемостью 8 лет [3,4].

Расчёты хорошо согласуются с ранее выполненными работами [6-8]. Опыт строительства железных дорог в США, Китае, Индии, СССР, Англии и др. странах демонстрирует жесткое взаимодействие инфраструктуры и особых экономических зон.

Обобщая вышесказанное можно сказать что железная дорога должна строится не как результат экономического развития страны, а как стимул инструмент ее экономического развития.

Список литературы

1. Цыганов В.В. Принципы построения информационной теории больших транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной-научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 14-19.

2. Зайцев А.А., Соколова Я.В. О масштабных проектах развития инфраструктуры // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 11-14.

3. Козлов В. В. и др. Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Российская академия наук. – М.: Наука, 2019. – 463 с.

4. Макоско А.А., Цыганов В.В. и др. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года. – М.: ИПТ РАН, 2019. – 465 с.

5. Bellman R. Dynamic programming, Princeton University Press, New Jersey, 1957.

6. Масаев С.Н., Доррер М.Г. Оптимизация распределения ресурсов по подсистемам предприятия при помощи формулы Беллмана // Материалы десятой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы информатизации региона» ПИР-2007» СФУ. – Красноярск. 2007. С. 61-66.

7. Масаев С.Н., Белозеров В.В. Проблемы внедрения системы сбалансированных показателей в России // Перспективные материалы технологии конструкции: материалы всероссийской научно-технической конференции. – Красноярск. 2006. С. 192-193.

8. Масаев С.Н., Доррер М.Г. Методика комплексной оценки управленческих решений в производственных системах с применением корреляционной адаптометрии // Современные проблемы информатизации в системах моделирования, программирования и телекоммуникациях: материалы I Международной научной конференции, Москва. 2009. С. 142-148.

УДК 656.21

ПРОЕКТ НОВОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ УЗЛЕ

Сугоровский Артём Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. В статье дана краткая характеристика Санкт-Петербургского железнодорожного узла, техническая и эксплуатационная характеристики существующей пассажирской станции Дача Долгорукова и примыкающего к ней технического парка.

Предложен проект новой пассажирской технической станции, выполненый по типовой схеме многопарковых пассажирских станций с последовательным расположением приёмоотправочного парка и ремонтно-экипировочного депо, размещённого параллельно вагономоечной машине. Для выбранного варианта построен масштабный план в графическом редакторе AutoCAD.

Ключевые слова: пассажирская техническая станция, пассажирский поезд, проект.

PROJECT OF A NEW PASSENGER TECHNICAL STATION IN THE ST. PETERSBURG RAILWAY JUNCTION

Sugorovsky Artyom V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Railway Stations and Junctions

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Abstract. The article deals with the project of a new passenger technical station in the St. Petersburg railway junction.

A brief description of the St. Petersburg railway junction, technical and operational characteristics of the existing passenger station Dacha Dolgorukova and adjacent technical Park.

The project of the new passenger technical station is made according to the standard scheme of multi-Park passenger stations with a sequential arrangement of the receiving fleet and the repair and equipment depot located parallel to the car wash machine. For the selected option, a large-scale plan is built in the autocad graphics editor.

Keywords: passenger technical station, passenger train, project.

Санкт-Петербургский железнодорожный узел занимает важнейшее географическое положение на Северо-Западе России. Он является связующим звеном северо-западных, восточных и южных регионов России с Финляндией, Эстонией и стыкуется с морскими воротами в страны Западной Европы.

В состав узла входят 5 головных пассажирских станций с городскими вокзалами: Санкт-Петербург-Главный, Санкт-Петербург-Витебский, Санкт-Петербург-Балтийский, Санкт-Петербург-Финляндский, Дача Долгорукова (вокзал Санкт-Петербург-Ладожский).

Все вокзалы Северной столицы являются тупиковыми и только Ладожский вокзал – транзитный. Это самый молодой и современный вокзальный комплекс в городе на Неве.

На сегодняшний день на всех вокзалах количество и качество экипировочных устройств и отстойных путей для подготовки и отстоя составов пассажирских поездов не соответствует требуемым не только по каждому направлению, но и в целом по узлу.

Руководствуясь Программой развития Транспортной системы Санкт-Петербурга [1], для грядущей комплексной общеузловой реорганизации межрейсового технического обслуживания составов пассажирских поездов, в Санкт-Петербургском железнодорожном узле требуется построить новую техническую пассажирскую станцию (ПТС) с ремонтно-экипировочным депо на станции Дача Долгорукова.

Технико-эксплуатационная характеристика станции Дача Долгорукова

Станция Санкт-Петербург-Ладожский – Дача Долгорукова (Ладожский вокзал) в пассажирском сообщении работает в направлении Мурманска, Архангельска, Вологды, Урала и Западной Карелии. Станция Дача Долгорукова является пассажирской станцией 1 класса с комбинированным расположением парков, с внутренним расположением главных путей [2]. По расположению путей к пассажирскому зданию – сквозного типа. Станция Дача Долгорукова состоит из четырех парков: Пассажирского, Ранжирного, Охтинского парков, и Парка отстоя пассажирских вагонов. Парк отстоя пассажирских вагонов предназначен для расформирования и формирования пассажирских поездов, отстоя вагонов, и состоит из 6 путей.

Существующие и перспективные размеры работы станции

В настоящее время станция ежесуточно обслуживает 23 пары пассажирских поездов, и 18 пар пригородных поездов. На станции производится:

– формирование и отправление пассажирских поездов дальнего и местного сообщения;

– прием и отправление пассажирских (в том числе транзитных) поездов дальнего и местного сообщения;

– техническое обслуживание транзитных пассажирских, в том числе со сменой локомотивных бригад, отцепкой и прицепкой отдельных вагонов;

– производство маневровой работы с пассажирским подвижным составом по отцепке и прицепке транзитных вагонов, подаче и уборке вагонов к пунктам экипировки (в том числе вагонов-ресторанов) [3].

В настоящей статье предложен вариант развития технического парка на станции Дача Долгорукого при следующих размерах пассажирского движения: 27 составов, из которых 20 составов своего формирования.

Проект новой пассажирской технической станции

Проект новой пассажирской технической станции выполнен по типовой схеме многопарковых пассажирских станций с последовательным расположением приёмоотправочного парка и ремонтно-экипировочного депо, размещённого параллельно вагономоечной машине

[4], как наиболее подходящей к местным условиям (рисунок 1), в полном соответствии технологии работы и путевого развития стрелочных горловин парков.

Проект строительства детально разработан в масштабе в графическом редакторе AutoCAD в полном соответствии с требованиями к проектам железнодорожных станций и узлов.

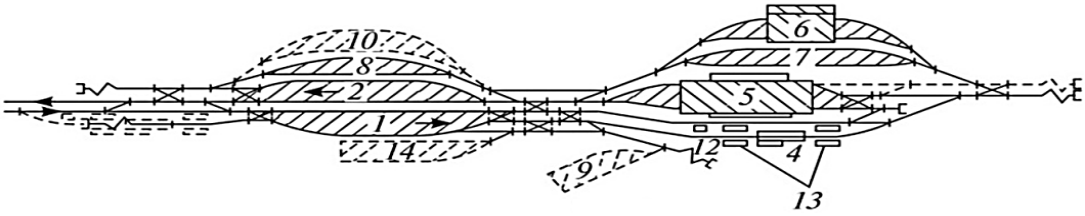


Рисунок 1 – Схема многопарковой пассажирских технических станций (1 – парк приема; 2 – парк отправления; 3 – приемоотправочный парк, 4 – стационарная вагономоечная машина; 5– ремонтно-экипировочное предприятие (или экипировочные пути); 6 – вагонное депо; 7 – отстойные пути; 8 – парк местных и пригородных составов; 9 – пути газовой дезинфекции; 10 – локомотивное хозяйство; 11 – пути отцепочного ремонта; 12 – установка для сбора и уплотнения мусора; 13 – экипировочные платформы; 14 – почтово-багажные устройства)

Путевое развитие пассажирской технической станции Дача Долгорукова включает следующие основные устройства:

– приемоотправочный парк на 8 путей, оборудованный всеми необходимыми устройствами для обслуживания пассажирских поездов;

– ремонтно-экипировочное депо на 6 путей, предназначенное для прохождения всех видов технического обслуживания и экипировки поездов своего формирования;

– путь вагономоечного цеха, оснащенный вагономоечной машиной, мусороперегрузочной станцией, платформами по сбору конвейерным способом грязного белья и экипировкой чистым бельем, а также прачечной с соответствующими кладовыми;

– вагоноремонтное депо, предназначенное для отцепочного ремонта пассажирских вагонов;

– комплекс для дезинфекции и дезинсекции пассажирских вагонов с необходимым оборудованием и парком отстоя обработанных вагонов;

– почтамт;

– багажные кладовые;

– парк резерва пассажирских вагонов на 2 пути;

– парк отстоя сезонных составов на 5 путей.

На рисунке 2 приведён фрагмент плана новой пассажирской технической станции.

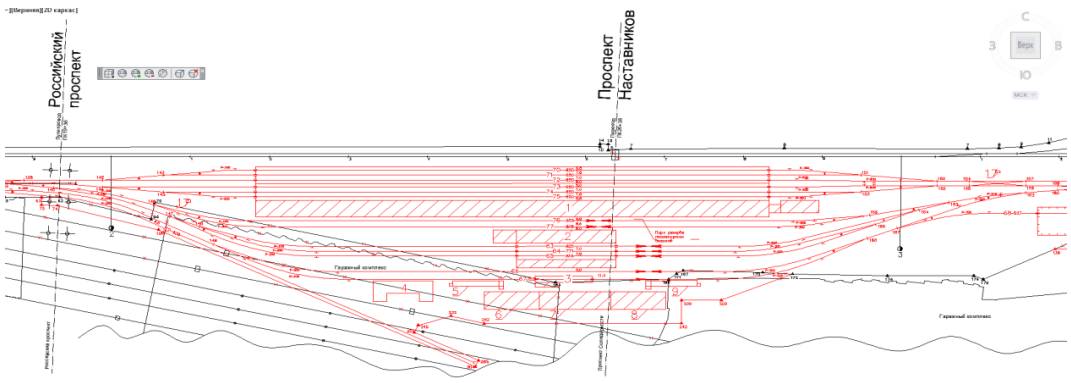


Рисунок 2 – Фрагмент плана новой пассажирской технической станции

Стоит отметить, что строительство пассажирской технической станции потребует переноса двух линий электропередач в районе путепровода в створе Российского проспекта.

После разборки переезда в створе проспекта Наставников для сохранения транспортной связи районов города предполагается возведение путепровода над главными путями и ПТС в створе улицы Коммуны – улицы Коллонтай.

Заключение

В целевом варианте подпрограммы «Программы развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2020 года предусмотрено строительство пассажирской технической станции Дача Долгорукова (Ладожский вокзал).

Для решения поставленной задачи проанализирована технико-эксплуатационная характеристика существующей пассажирской станции Дача Долгорукова, и примыкающего к ней парка отстоя пассажирских вагонов, определено необходимое путевого развитие и техническое оснащение новой ПТС.

Проект строительства ПТС детально разработан в масштабе в графическом редакторе AutoCAD в полном соответствии с требованиями к проектам железнодорожных станций и узлов.

Список литературы

1. Программа развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2020 года. Том. 2. Подпрограмма «Железнодорожный транспорт» (ред. от 08.12.2016).

2. Технически-распорядительный акт железнодорожной станции Дача Долгорукова Октябрьской железной дороги – филиала ОАО «РЖД»: утверждён ДЦС-2 1 июля 2017 года.

3. Технологический процесс работы пассажирской станции Дача Долгорукова Октябрьской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» от 9 ноября 2016 года.

4. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм, Москва. 2001. – 250 с.

УДК 656.212.5.073

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НА ДВУХПУТНЫХ ЛИНИЯХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ И ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Грошев Геннадий Максимович *– профессор, доктор технических наук, профессор кафедры управления эксплуатационной работой*

Кукушкина Яна Васильевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой*

Романова Ирина Юрьевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. В работе приведены основные факторы, влияющие на пропускную способность линий, преимущества и недостатки по каждому существующему методу определения пропускной способности железнодорожных линий. Показано, что применение графоаналитических методов позволяет учитывать многие эти факторы, а также предлагаются новые формулы для расчета наличной пропускной способности на двухпутных участках.

Применение предлагаемой методики позволяет определить максимальное число поездов при непараллельном графике движения, а также позволяет оценить результаты организации смешанного движения.

Ключевые слова: смешанное движение, пропускная способность, методы расчета, межпоездной интервал, коэффициент съема, масса и длина поезд.

THE METHOD OF DETERMINING THE CAPACITY ON DOUBLE-TRACKED LINE WHEN ORGANIZING THE MOTION OF SPEED PASSENGER AND CARGO TRAINS

Groshev Gennady M. – Professor, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department Management of Maintenance Works

Kukushkina Yana V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Management of Maintenance Works

Romanova Irina Yu. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Management of Maintenance Works

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Abstract. The paper presents the main factors affecting the capacity of lines, advantages and disadvantages for each existing method of determining the capacity of railway lines. It is shown that the use of graphoanalytic methods allows to take into account many of these factors, and new formulas for calculating the available capacity on double-track sections are proposed.

The application of the proposed technique allows to determine the maximum number of trains in a non-parallel schedule, and also allows to evaluate the results of the organization of mixed traffic.

Keywords: mixed movement, throughput, calculation methods, inter-train interval, removal rate, train weight and length.

Техническая возможность железных дорог по обеспечению перевозок пассажиров и грузов определяется пропускной способностью основных устройств и сооружений [1].

При недостаточном развитии транспортной инфраструктуры на железнодорожной линии организовывается смешанное движение поездов, представляющее собой пропуск скоростных, высокоскоростных пассажирских и грузовых поездов по одним путям. Такая организация является наиболее распространённой в мире, но и наиболее сложной. Поэтому технологическим вопросам эксплуатации железнодорожных участков со смешанным движением уделяется особое внимание.

Обзор и анализ методов определения пропускной способности линии

Пропускная способность существенно зависит от многих факторов: нормы массы и длины поездов, ходовой скорости, межпоездного интервала, типа графика и др. [1].

В настоящее время существуют три основных метода для расчета пропускной способности линии с учетом указанных факторов: аналитический, графоаналитический и имитационное моделирование [2-5]. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Аналитический метод обладает свойством универсальности проводимых вычислений пропускной способности при различных условиях. Однако формальный подход к определению коэффициента съема является крупным недостатком данного метода.

Графоаналитический метод используется специалистами при составлении нормативного и исполненного графиков движения [6]. Однако отсутствие имитационного моделирования работы технических станций в комплексе с примыкающими перегонами, пропускающими потоки поездов с учетом их взаимных задержек, не позволяет выполнить анализ результирующей пропускной способности в зависимости от различных организационных мероприятий. В таких условиях возможность пропуска каждого грузового поезда по очередной нитке графика вынужден определять поездной диспетчер [7].

Метод имитационного моделирования заключается в многократном моделировании движения потока поездов всех категорий, следующих по перегонам и станциям железнодорожного направления, протяженность которого равна расстоянию от станции формирования до станции назначения. К недостаткам этого метода можно отнести сложность как разработки его инструментов, их откладки, верификации, так и использования его для получения результатов.

Вопросами развития методики расчета пропускной способности на двухпутных участках занимались многие ученые [8,9], при этом ими был применен различный набор параметров.

Постановка задачи

В настоящее время не существует общепринятых формальных математических (аналитических) формул для оценки пропускной способности на существующих (модернизованных) двухпутных перегонах со смешанным движением в случаях, когда не должно быть встреч скоростных пассажирских поездов с грузовыми поездами. Для определения пропускной способности на двухпутных линиях в таких условиях потребовалось решить следующую задачу: разработать математический метод для расчета пропускной способности двухпутных линий при организации смешанного движения поездов различных категорий.

Оценка пропускной способности на двухпутных участках

Теоретические исследования и практический опыт эксплуатации железных дорог свидетельствуют о том, что при повышении скорости пассажирских поездов происходит снятие с графика движения поездов других категорий.

При развитии высокоскоростного движения в Российской Федерации построены дополнительные линии, например, на направлении Санкт-Петербург – Бусловская введен в эксплуатацию обходной путь Лосево – Каменногорск для выноса грузового движения со скоростного участка.

В Узбекистане смешанное движение (скоростное и высокоскоростное) организуется с использованием модернизированных линий. На рисунке представлен графоаналитический расчет наличной пропускной способности двухпутного железнодорожного участка.

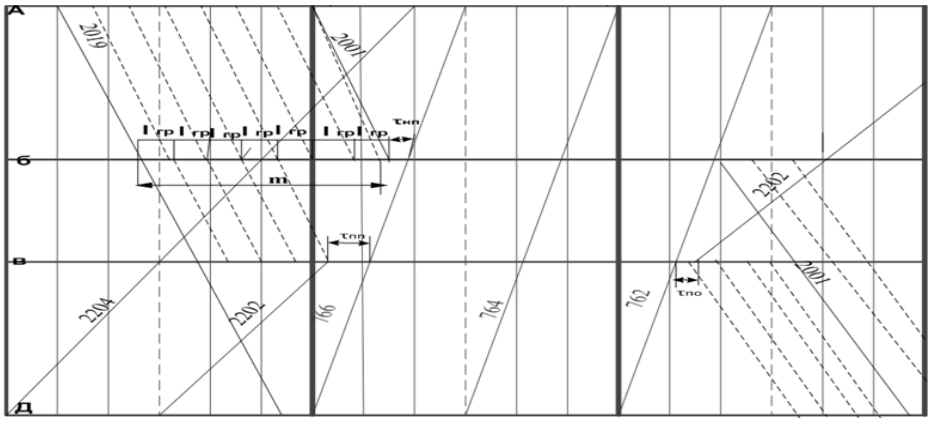


Рисунок – Фрагмент графика движения поездов

Встреча скоростных пассажирских и грузовых поездов будет иметь место в случаях, когда линии хода первых попадут на станцию б. Данная (встречная) зона начинается через минуту после отправления с технической станции А грузового поезда 2019 (прибывающим на техническую станцию Д с обеспечением расчетной величины интервала неодновременного прибытия) и заканчивается в момент отправления с технической станции А грузового поезда 2001, который должен быть остановлен для встречи его со скоростным на ближайшем раздельном пункте б. Данное утверждение обусловлено строгим следованием по нитке пассажирского поезда.

Выполненное исследование при разработке методики для расчета пропускной способности на двухпутных участках со смешанным движением показало, что она зависит от раз-

меров скоростного пассажирского движения и интервалов между высокоскоростными поездами, а следовательно, интервалов неодновременного прибытия и отправления поездов и межпоездных интервалов грузовых поездов. Для расчета наличной пропускной способности на двухпутных участках целесообразно воспользоваться такой формулой:

$$N_{\text{нал}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}} - \frac{t_{гр}^{m} - t_{гр}^{mx} - 1}{\kappa - 1} + \tau_{н}^{пр} + \tau_{ск} + t_{\text{рз}} + t_{\text{з}} + (n_{\text{вск}} - 1) \cdot I_{\text{вск}})}{I_{\text{гр}}} \cdot \alpha_{\text{н}} \quad (1)$$

где $n_{\text{вск}}$ – количество высокоскоростных поездов; $I_{\text{вск}}$ – межпоездные интервалы между высокоскоростными пассажирскими поездами в пакете.

Установлено, что определять пропускную способность по формулам для непараллельного графика целесообразно, начиная с определенного соотношения размеров движения грузовых и пассажирских поездов (с 20 пассажирских, в том числе 3 высокоскоростных пассажирских поездов). Сравнительный анализ показал, что результаты расчетов пропускной способности по действующей Инструкции по определению наличной пропускной способности (ИПС) и по предлагаемому методу в среднем отклоняются на 4,78%.

Применение методики ИПС и предлагаемой автором методики позволяет проводить анализ наличной пропускной способности, вскрывать имеющиеся резервы и выявлять узкие места с дефицитом пропускной способности.

Заключение

Существующие методики определения наличной пропускной способности не учитывают ряд факторов: массу и длину грузовых поездов различной категории; интервалы неодновременного прибытия отправления поездов на станцию.

Использование графоаналитического метода при условии отражения вышеперечисленных факторов дает возможность определить пропускную способность линии довольно точно. Однако для предварительной оценки необходимо иметь аналитические зависимости.

Список литературы

1. Инструкция по расчету наличной пропускной способности – утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 16. 11. 2010 г. № 128.– М.: ОАО РЖД, 2011. – 305 с.

2. Левин Д.Ю., Павлов В.Л. Расчет и использования пропускной способности железных дорог. – М.: Центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 364 с.

3. Абрамов А.А., Андросюк К.В. Имитационное моделирование наличной пропускной способности // Железнодорожный транспорт. 2013. № 11. С. 28-31.

4. Анисимов В. А., Осьминин А.Т., Анисимов В.В. Концепция повышения допускаемых скоростей движения поездов в рамках полигонных технологий // Железнодорожный транспорт. 2017. № 3. С. 19-27.

5. Угрюмов А.К. Вопросы организации движения на двухпутных участках // Вопросы эксплуатации железных дорог СССР: Труды ЛИИЖТа. – Л.: Трансжелдориздат. 1960. Вып. 170. С. 34-63.

6. Кокурин И.М. Оценка пропускной способности железных дорог методом имитационного моделирования // Актуальные проблемы управления перевозочным процессам. Вып. 8, под ред. Ю.И. Ефименко. Санкт–Петербург. 2009. С. 18-28.

7. Левин Д. Ю., Хейн Э.А., Шмаль В.Н. Что необходимо для выполнения графика // Мир транспорта. 2013. № 1 (45). С. 110-119.

8. Вернигора Г.В., Папахов А.Ю., Логвинова Н.А. Аналитический расчет коэффициентов съема грузовых поездов пассажирскими в условиях скоростного движения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 2/3 (62). С. 51-55.

УДК 656.212.5.073

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИИ ПРИ РОСТЕ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК

Грошев Геннадий Максимович *– профессор, доктор технических наук, профессор кафедры управления эксплуатационной работой*

Сугоровский Антон Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой*

Абдуллаев Жасурбек Якубович *– аспирант кафедры управления эксплуатационной работой*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. В работе предложено совершенствование действующих методик расчета пропускной способности для освоения возросшего объема перевозок на примере работы однопутной линии железных дорог Узбекистана.

Приведены основные факторы роста и мероприятия по увеличению пропускной способности линии. Результаты выполненных расчетов позволяют для каждого участка определить оптимальную схему увеличения пропускной и провозной способности.

Предлагаемая методика и оценка экономической эффективности развития пропускной способности на однопутном участке АО «Узбекистан темир йуллари» позволяет применять ее при решении поставленной задачи на других подобных участках железных дорог.

Ключевые слова: пропускная способность, мероприятия по увеличению, рост объемов перевозок, тренд, участковая скорость, эксплуатационные расходы.

INCREASING LINE CAPACITY WITH INCREASING RAIL TRAFFIC

Groshev Gennady M. – Professor, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department Management of Maintenance Works

Sugorovsky Anton V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department

Abdullaev Jasurbek Y. – Post-graduate student of the Department Management of Maintenance Works

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Abstract. The paper improving the existing methods for calculating the throughput for an increased volume of traffic on the example of a single-track line.

The main factors and measures to increase the capacity of the line are given. The results of the calculations allow for each section to determine the optimal scheme for increasing throughput and carrying capacity.

The proposed methodology and evaluation of the economic efficiency of capacity development in the single-track section of «Uzbekistan Temir Yollari» JSC allows optimizing the wagon flow promotion scheme, as well as applying it to solve the above problem in similar sections of railways.

Keywords: throughput, double-track insertion, local speed, operating costs, extension of station tracks, trend.

В условиях рыночной экономики рост объемов перевозок на железнодорожном транспорте определяет потребности технического развития линий и станций. В современных условиях закономерности роста грузовых перевозок во многом определяются рядом новых

тенденций, отражающих законы перспективного развития рыночной экономики страны на современном этапе.

Постановка задачи

Для разработки методики увеличения пропускной способности линии при росте объема перевозок изучено применение точечных комплексных мер рационализации пропуска поездов. Рассмотрение способов и мероприятий по увеличению пропускной и провозной способности линии позволит решить проблему выбора рациональной схемы развития инфраструктуры линии по наиболее важному критерию – минимизации эксплуатационных расходов. Вопросам развития методики по усилению пропускной способности железнодорожных станций и линий при росте объема грузопотоков посвящены работы многих ученых [1-8].

В настоящее время не существует общепринятых, формализованных, математических методов для моделирования вариантов увеличения пропускной способности линии при росте объема перевозок. Одной из ведущих тенденций, которая характерна для настоящего времени и сохранится в перспективе, является опережающий темп роста объема перевозок по железным дорогам Узбекистана по отношению к периоду с 2000 по 2018 год.

Анализ технических характеристик показал, что в АО «Узбекистан темир йуллари» можно проводить следующие мероприятия по увеличению пропускной и провозной способности линий:

– строительство дополнительных разъездов для уменьшения расстояния между раздельными пунктами (Р);
– удлинение станционных приемоотправочных путей (У);
– оборудование линии автоблокировкой (А);
– строительство двухпутных вставок (В).

Последнее мероприятие (В) рассматривается как завершающая стадия этапного увеличения пропускной способности участков и планируется на поздние сроки эксплуатации линии.

В зависимости от конкретных условий работы линии, указанные мероприятия по усилению пропускной и провозной способности могут быть применены в различных сочетаниях. В каждом конкретном случае имеется вполне определенная оптимальная очередность проведения по техническим срокам, при которых общие перевозочные затраты за весь рассматриваемый период эксплуатации линии, вплоть до переустройства ее в двухпутную, будут наименьшими.

В работе использована авторская методика выбора множества возможных состояний технического оснащения однопутных железнодорожных линий [9].

Результаты исследования

На основании проведенного анализа выявлен фактор, влияющий на пропускную способность – участковая скорость движения поездов. Выбор данного фактора связан прежде всего с тем, что именно участковая скорость оказывает влияние на пропускную и провозную способности. На рисунке 1 представлено изменение участковой скорости при различной схеме перспективного развития пропускной способности участка.

Исходя из анализа состояния участка и учитывая срок рассматриваемого периода, выбраны четыре вида мероприятий по развитию линии. Одновременно с определением оптимального варианта развития с минимальными затратами определяется оптимальная этапность осуществления мероприятий [10]. Важно, что при этом под отдельным этапом понимается период эксплуатации линии между смежными мероприятиями.

В данном исследовании даны рекомендации по развитию пропускной и провозной способности участка «Т-У-М» при роста объема перевозок на последующие 10 лет, в период с 2019 до 2029 год. Результаты технико-экономических расчетов приведены на рисунке 2. Результаты технико-экономических расчетов показали, в качестве оптимального варианта развития пропускной и провозной способности участка «Т-У-М» предлагается вариант Р-А-У-В.

Минимальные приведенные затраты в конце рассматриваемого периода составят 4120 млн. сум.

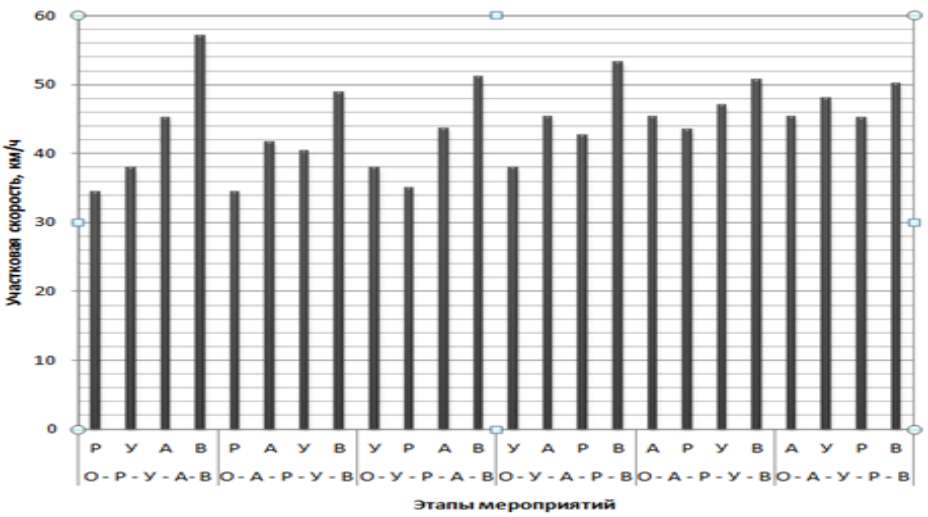


Рисунок 1 – Диаграмма изменения участковой скорости при различных схемах перспективного развития пропускной способности участка

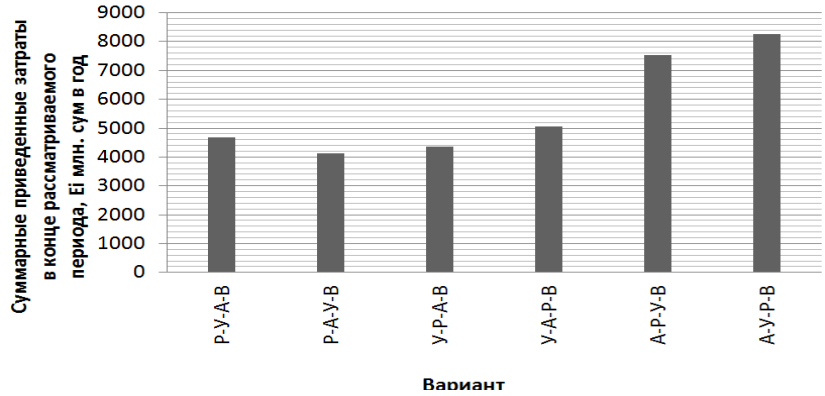


Рисунок 2 – График оптимального развития технического оснащения участка «Т-У-М»

Заключение

Результаты технико-экономических расчетов позволили для участка «Т-У-М» определить тенденции увеличения пропускной и провозной способности, определить оптимальную схему осуществления мероприятий, которые должны быть реализованы в ближайшие 10 лет.

Разработанная методика минимизации затрат для развития пропускной способности на однопутном участке (полигоне) «Т-У-М» АО «Узбекистан темир йуллари» позволяет оптимизировать продвижение вагонопотока, а также применять ее при решении выше поставленной задачи на подобных участках железных дорог.

Список литературы

1. Белова В.В., Серова Д.С. Определение факторов, влияющих на пропускную способность железнодорожных участков // Научно – техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – Хабаровск.: ДВГУПС. 2017. Т. 1. С. 124-128.

2. Беседин А.И. Методы анализа наличной пропускной способности железнодорожных участков при временных ограничениях скоростей движения поездов: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд.тех.наук, специальность: 05.22.08 // 05.22.08. Москва: МИИТ, 2009. – 24 с.

3. Левин Д.Ю., Павлов В.Л. Расчет и использование пропускной способности железных дорог. – М.: Учебно-методический центр образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 364 с.

4. Агапова Ю.Ю., Одуденко Т.А. Анализ эффективности мероприятий поэтапного увеличения провозной и пропускной способности однопутных участков дальневосточной железной дороги // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 3. № 5 (35). С. 114-117.

5. Сотников Е.А., Шенфельд К.П. Стратегическое прогнозирование состояния сложной производственной системы – железнодорожный транспорт // Вестник ВНИИЖТ. 2017. № 5. С. 255-265.

6. Балжир М. Обоснование освоения перспективных объема перевозок на Монгольской железной дороге: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд.тех.наук, специальность: 05.22.08 // М.: МИИТ. 2016. – 16 с.

7. Мачерет Д.А, Ледней А.Ю. Перспективы развития транспортной инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 5 (78). С.16-22.

8. Пехтеров Ф.С. С учетом прогнозов социально – экономического развития страны // Железнодорожный транспорт. 2016. № 5. С. 14-19.

9. Абдуллаев Ж.Я. Выбор этапов развития новой железнодорожной линии // Диссертация на соискание академической степени магистра. – Ташкент: ТашИИТ. 2010. – 112 с.

10. Ефименко Ю.И., Рыбин П.К., Олейникова Л.А. Исходные положения теории оптимизации этапности развития станций и узлов // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом: Сборник научных трудов; под ред. доктора техн. наук Ю.И. Ефименко. – СПб.: ПГУПС. 2009. Вып. 8. С. 52-64.

УДК 656.212.5.073

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА НОРМ МАССЫ И ДЛИНЫ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ

Сугоровский Антон Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой*

Романова Ирина Юрьевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой*

Абдуллаев Жасурбек Якубович *– аспирант кафедры управления эксплуатационной работой*

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Аннотация. В работе проведен анализ времени простоя во всех элементах перевозочного процесса на станциях при изменении массы и длины поезда в случае пропуска транзитных грузовых поездов. Определены оптимальные значения массы и длины по критерию минимума эксплуатационных расходов.

Моделирование показало, что при изменении количества вагонов в формируемом составе поезда на станции «Ч» назначением на станцию «К» оптимальные масса и длина поезда составляют 4700 т и 64 вагона соответственно, экономия эксплуатационных затрат при этом составляет более 1 млн. сум в сутки.

Ключевые слова: поезд, норма массы и длины, пропускная способность, технологические операции, сортировочная станция, организация вагонопотоков, критерий оптимизации.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL VARIANT OF THE NORM OF MASS AND LENGTH OF TRAINS ON RAILWAY LINES

Sugorovsky Anton V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Management of Maintenance Works

Romanova Irina Yu. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Management of Maintenance Works

Abdullaev Jasurbek Y. – post-graduate student of the Department «Railway Stations and Junctions»

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Abstract. The paper an analysis was carried out when the mass and length of the train changed depending on the downtime in all elements of the transportation process at the stations and in the case of transit freight trains. The results established the division of the actual time spent on the transit wagon with processing into component elements depending on the number of wagons formed. Based on the simulation, the value of the transit car transit time with processing when the mass formation and train length changes is analyzed. The optimal values of mass and length are determined by the criterion of minimizing operating costs. The simulation showed that when the number of cars of the train being formed at station «Ch» changes with the assignment to station «K», the optimal train weight and length are 4700 tons and 64 cars, respectively, while saving operating costs is 13842620 soums per day.

Keywords: train, train mass rate, throughput, technological operations at marshalling yards, organization of car flow.

Нормы массы и длины грузовых поездов определяют как технический параметр в зависимости от мощности локомотива, длины приемо-отправочных путей, а также от имеющихся провозной и пропускной способностей железнодорожных линий [1-4]. Грузовые поезда формируются в основном на технических станциях (сортировочных и участковых) по определенным нормам массы и длины. Важнейшим элементом эксплуатационной работы этих станций является простой транзитного вагона с переработкой. При этом около 70 % оборота вагона – время нахождения на технической станции.

Вопросам развития методики по выбору оптимальных значений норм массы и длины грузовых поездов посвящены многие исследования [5-7]. Например, Мохонько В.П. [8] разработана методика, реализована компьютерная программа, выполнены расчеты по выбору экономически целесообразной массы составов грузовых поездов, ведомых трехсекционными электровозами, объединенными в голове поезда по системе «СМЕТ». Следует отметить, что в [8] при изучении формирования поездов с различными массами и длинами, находящимися в пределах экономически целесообразных зон трехсекционных электровозов и «СМЕТ» для тяги поездов в условиях организации их движения по расписанию, до конца не учитывались затраты времени на технологические операции.

Выполненный обзор показал, что авторами исследований по рационализации использования пропускной способности на однопутных участках не рассматривался вопрос определения оптимальных норм массы и длины грузовых поездов при переходе на более мощную тягу и установления параллельных весовых норм.

В рамках данной работы рассмотрены ряд направлений, которые должны стать приоритетными для внедрения передовых технологий в области управления перевозочным процессом и содержания инфраструктуры АО «Узбекистан темир йуллари».

В целях выполнения основной стратегии развития транспортной системы Республики Узбекистан и повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта при оказании услуг по перевозке грузов и пассажиров, возникает необходимость включения полигона «Чукурсай (Ч) – Ахангаран (А) – Пап (П)» в единую сеть железнодорожного транспорта АО «Узбекистан темир йуллари» по пропуску вагонопотоков.

Постановка задачи

С увеличением массы грузовых поездов возрастает время нахождения вагонов во всех элементах технологического процесса на станциях.

В результате исследования установлено, что фактическое время нахождения транзитного вагона с переработкой на рассматриваемой станции каждые сутки существенно отклоняется от плановой величины и колеблется в среднем в пределах 6 ч. по различным причинам.

Для решения имеющихся проблем необходимо совершенствовать систему планирования перевозочной работы, усиливать координацию всех подразделений компании. По нашему мнению, одной из приоритетных логистических задач является автоматизация расчета и выполнения оптимального плана формирования поездов на сортировочных станциях сети. Оптимизация плана формирования подразумевает сокращение количества переработок вагонов в течении рейса и укрупнение струй вагонопотоков в дальние назначения. Необходимость выполнения норм массы и длины поездов требует длительного ожидания замыкающих групп для формирования полновесных поездов.

В условиях, когда осуществляется переход на другой вид тяги при более мощных поездных локомотивах, встал вопрос о рациональном использовании пропускной способности для установления норм массы и длины поездов на таких железнодорожных линиях в новых условиях. Для обоснования норм массы и длины поездов на железнодорожных линиях потребовалось решить следующие основные задачи:

– провести анализ времени нахождения вагонов во всех элементах технологического процесса на станциях при формировании поездов с различными массами и длинами;

– на основе полученных результатов разработать процедуру математического моделирования по выбору оптимальных норм массы и длины поездов;

выполнить моделирование величины эксплуатационных расходов по различным элементам в зависимости от количества вагонов в составах поездов в диапазоне от 50 до 71 вагона.

Результаты исследования

В настоящей работе изучены показатели времени накопления при различном количестве вагонов в составе поезда на станции «Ч» для назначения на станцию «К»: от 50 до 71 вагона. Мощность этого назначения плана формирования составляет 139 вагонов в сутки. Результаты анализа представлены на рисунке.

Рисунок – Время накопления вагонов при различном их количестве в составе поезда

Увеличение количества вагонов в составе поезда приводит к большим затратам времени на технологические операции по переработке вагонов на станции, а также к изменению количества формируемых поездов, что, в свою очередь, влияет на использование пропускной способности железнодорожных линий. В связи с этим предлагается формировать на станции «Ч» поезда назначением на станцию «К» величиной 64 вагона вместо 57.

Если станция «Ч» будет формировать поезда с величиной составов 64 вагона, тогда месячное количество поездов составит 59. Это меньше на 13 поездов по сравнению с существующим вариантом. При этом изменяются затраты времени на следующие технологические операции: окончание формирования, перестановка состава, обработка состава в парке отправления.

В ходе моделирования при изменении количества вагонов при формировании составов поездов на станции «Ч» назначением на станцию «К» установлено оптимальное соотношение норм длины и массы: оно составляет 64 вагона и 4700 т.

Экономия эксплуатационных затрат составляет 13842,62 тыс. сум в сутки. Предлагается пропускать грузовые поезда по участку массой 4700т электровозом 3ЭС5К «Ермак» без подталкивания и без разъединения в пути следования. Данный вариант формирования поездов позволит убрать действующий поездной локомотив, подталкивающий локомотив с участка «А-К».

Заключение

Важными элементами организации эксплуатационной работы железных дорог является показатели норм массы и длины грузовых поездов, оказывающие влияние на пропускную и провозную способность участков. В организации эксплуатационной работы сортировочных станций существенную роль играет норма времени простоя транзитного вагона с переработкой. Оптимальный вариант формирования поездов различных масс и длин на станции для разных назначений плана формирования можно найти путем сравнения времени простоя транзитного вагона с переработкой и эксплуатационных затрат. В результате моделирования установлено, что оптимальное, по величине эксплуатационных расходов, количество вагонов в составах формируемых на станции «Ч» грузовых поездов назначением на станцию «К» составляет 64 и масса 4700 т. Предлагаемый метод дает возможность сократить простои вагонов, локомотивов и локомотивных бригад, а также эксплуатационные расходы, связанные с организацией и продвижением вагонопотоков на сложных однопутных линиях.

Список литературы

1. Грошев Г.М., Грачев А.А., Бессолицын А.С., Котенко О.В., Алексеев Б.Е. Пропускная способность и график движения поездов на участках железной дороги: учебное пособие / под ред. Г.М. Грошева. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 53 с.

2. Бадах В.И., Стрелков М.В., Багданова В.А., Аль-Шумари А.С., Федорова Н.Б., Щербанюк И.А. Проектирование технологии и нормирование показателей работы сортировочной станции: учебное пособие. – СПб.: ФБГОУ ВПО ПГУПС, 2014. – 96 с.

3. Аль-Шумари А.С., Котенко О.В. Влияние веса и скорости грузовых поездов на провозную способность однопутных линий большой грузонапряженности // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС. 2011. Вып. 1. С. 27-35.

4. Жарикова Л.С. Совершенствование системы расчета элементов простоя вагонов на станциях в увязке с определением срока доставки: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд.тех.наук, специальность: 05.22.08 / Л.С. Жарикова. – Новосибирск: Сибиргского отделения университета железнодорожного транспорта, 2016. – 24 с.

5. Романова П.Б., Цыганов С.А. Оценка эффективности вариантов формирования поездов различной массы и длины с учетом технической оснащенности полигона // Вестник транспорта Поволжья. 2018. № 6 (72). С. 60-65.

6. Кудрявцев В.А., Волчанинов В.В., Кокшаров Ю.А. Определение оптимальной нормы состава грузового поезда // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС. 2004. Вып. 2. С. 19-28.

7. Тимухина Е.Н., Пермикин В.Ю., Кащеева Н.В. Метод выявления лимитирующих железнодорожных станций для пропуска тяжеловесных поездов на полигоне дороги // Транспорт Урала. 2017. № 1. С. 40-44.

8. Мохонько В.П., Александров В.И., Ходулей О.А. Выбор массы поезда, ведомого по системе «СМЕТ» // Железнодорожный транспорт. 2007. № 11. С. 14-15.

УДК 614.849

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Королева Людмила Анатольевна *– кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Железнодорожный транспорт рассмотрен как объект повышенной пожарной опасности. Определены стратегические цели подразделений пожарной охраны, осуществляющих свою деятельность на объектах железнодорожного транспорта. Проанализированы основные недостатки системы обеспечения пожарной безопасности, предложены пути их решения. Введение эксергетического показателя в процедуру прогнозирования пожарной опасности опасных грузов и управления пожарными рисками на железнодорожном транспорте рассмотрено как наиболее перспективное.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, опасный груз, транспортировка, пожарная опасность, эксергия, прогнозирование пожарной опасности, управление пожарными рисками, межведомственное взаимодействие.

PROBLEMS OF FIRE SAFETY IN RAILWAY TRANSPORT AND INNOVATIVE WAYS TO SOLVE THEM

Koroleva Lyudmila A. – Ph.D., Assistant Professor, Deputy Head of fire, rescue equipment and automotive industry department

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. Railway transport is considered as an object of increased fire danger. The strategic objectives of fire protection units operating at railway transport facilities are defined. The main shortcomings of the fire safety system are analyzed, ways of their solution are offered. The introduction of the exergy index into the procedure of forecasting the fire danger of dangerous cargos and management of fire risks in railway transport is considered as the most promising.

Keywords: railway transport, dangerous cargo, transportation, fire hazard, exergy, forecasting the fire danger, the management of fire risk, interdepartmental cooperation.

Уровень пожарной защиты объектов железнодорожного транспорта (ЖДТ) растет. Несмотря на это, ЖДТ остается объектом повышенной опасности. Пожары являются нередким явлением. Являясь мощным дестабилизирующим фактором развития экономики страны, они требуют всестороннего рассмотрения и принятия решений, направленных на профилактику и совершенствование действий по их локализации и ликвидации.

Государственная противопожарная служба (ГПС МЧС России) и Ведомственная пожарная охрана (ВПО ЖДТ) осуществляют свою деятельность на объектах защиты Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»).

Основными стратегическими целями пожарной охраны ОАО «РЖД» являются [1-3]:

– минимизация рисков возникновения пожаров и их последствий;

– повышение эффективности профилактической работы с учетом введения в действие нового подвижного состава, внедрения высокотехнологичного оборудования, совершенствования технологических процессов;

– обеспечение надежной противопожарной защиты объектов ЖДТ и пожарной безопасности перевозочного процесса за счет повышения боеготовности пожарных подразделений, показателей их оперативного реагирования, совершенствования материально-технического обеспечения и системы подготовки персонала, развития технологий пожаротушения.

Были рассмотрены недостатки методического обоснования системы обеспечения пожарной безопасности ЖДТ и определены пути их решения.

Требует совершенствования методическое обеспечение прогнозирования свойств опасных грузов (ОГ). Нами предложено введение эксергетического показателя в процедуру оценки пожарной опасности ОГ [4,5]. Получены зависимости показателей пожаровзрывоопасности ОГ от эксергии – «максимальной работы, которую может совершить макроскопическая система при квазистатическом переходе из заданного состояния в состояние равновесия с окружающей средой» [6]. Такой подход позволяет прогнозировать пожарную опасность не только грузов, допущенных к перевозке в настоящее время, но и рассматривать новые грузы, что особенно актуально при расширении номенклатуры перевозимых веществ, материалов и изделий. Наряду с оценкой пожарной опасности ОГ, дает возможность исследовать продукты сгорания с точки зрения их опасности для окружающей среды и человека, что является перспективным при планировании боевых действий пожарных подразделений. Применение эксергетического показателя позволяет проводить комплексную оценку энергоэффективности, прогнозировать экологическую и пожарную опасность процессов перевозки ОГ [4,5,7].

Принятие управленческих решений, направленных на локализацию и ликвидацию пожаров, не в полной мере предусматривает взаимосвязь с технологиями перемещения веществ, их свойствами, условиями рассеивания в атмосфере. В работе [8] показана целесообразность разделения понятий «пар» и «газ», что подтверждается способностью паров к «мгновенному испарению» и их более высокими значениями эксергии по сравнению с газообразной фазой.

Недостаточно проработаны вопросы, связанные с организацией и методическим обеспечением межведомственного взаимодействия ГПС МЧС России и ВПО ОАО «РЖД».

Общие требования безопасности к вредным веществам, изложенные в ГОСТ 12.1.007 – 76, не учитывают их пожарной опасности. Эксергетический показатель может быть рассмотрен как количественная характеристика, позволяющая провести унификацию вредных веществ (по ГОСТ 12.1.007 – 76) и опасных грузов (по ГОСТ 14033 – 88) с точки зрения их пожарной и экологической опасности, оценить воздействие продуктов их сгорания. Предложено включить рассматриваемый показатель в набор признаков для распознавания ситуации, возникшей в процессе межведомственного взаимодействия при тушении пожаров на объектах ЖДТ.

Обеспечение приоритета предупреждения пожаров по отношению к реагированию на их последствия может быть осуществлено разработкой и внедрением инновационных технических решений. Нами предлагается способ тушения пожаров, основанный на применении адсорбционно-предохранительного клапана – огнепреградителя, устанавливаемого на железнодорожную цистерну с нефтепродуктами – веществами с высоким значением эксергетического показателя. Разработанное устройство отличается от имеющихся дыхательных клапанов возможностью одновременного выполнения функций дыхательного клапана, огнепреградителя и адсорбента. Применение адсорбционно-предохранительного клапана – огнепреградителя позволяет минимизировать не только пожарные риски воспламенения шлейфа паров над горловинами цистерн, но и снизить потери нефтепродукта в окружающую среду.

Таким образом, нами проанализированы основные недостатки системы обеспечения

пожарной безопасности ЖДТ, предложены инновационные пути их решения. Перспективным является введение эксергетического показателя в процедуру прогнозирования пожарной опасности ОГ и управления пожарными рисками на ЖДТ.

Список литературы

1. Юсупов Т.Р., Шайдуллин Р.Р., Елизарьев А.Н. Статистический анализ причин аварийности на железнодорожном транспорте // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – СПб: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего». 2015. № 21-1. С. 189-192.

2. Думнов С.Н., Тарасенко В.А. Количественная оценка пожарной опасности и безопасности объектов железнодорожного транспорта // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2013. № 4 (67). С. 62-66.

3. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.06.2008 № 877- р.

4. Королева Л.А., Хайдаров А.Г. Введение эксергетического показателя в оценку риска и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 66-70.

5. Хайдаров А.Г., Королева Л.А., Ивахнюк Г.К. Эксергетическая оценка пожарной опасности перевозок на железнодорожном транспорте // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27, № 10. С. 26-37.

6. ИТС 48-2017 Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности.

7. Попов В.Г., Боровков Ю.Н., Сухов Ф.И. Оценка энерго-экологической эффективности // Мир транспорта. 2012. № 3. С. 96-101.

8. Королева Л.А., Иванов А.Ю, Хайдаров А.Г. Оценка пожарной опасности перевозок сжиженных газов на железнодорожном транспорте эксергетическим методом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 1 (49). С. 6-14.

УДК 614.849

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Королева Людмила Анатольевна *– кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Хайдаров Андрей Геннадьевич *– кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры бизнес-информатики*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Ивахнюк Григорий Константинович *– доктор химических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Перевозка твердых коммунальных отходов железнодорожным транспортом рассматривается как одно из направлений снижения их количества в крупных городах. В качестве инструмента прогнозирования пожароопасных свойств отходов при

транспортировке предлагается применение эксергетического показателя. Найдены зависимости теплоты сгорания твердых коммунальных отходов от эксергии. Показана необходимость учета эксергетического показателя при определении класса опасности отходов.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, железнодорожный транспорт, груз, транспортировка, пожарная опасность, эксергия, теплота сгорания, класс опасности.

EXERGETIC ANALYSIS AS A TOOL FOR PREDICTIVE ASSESSMENT OF FIRE HAZARD OF PROSPECTIVE OF FREIGHT OF RAILWAY TRANSPORT

Koroleva Lyudmila A. – Assistant Professor, Ph.D., Deputy Head of fire, rescue equipment and automotive industry department

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Khaydarov Andrey G. – Assistant Professor, Ph.D., Assistant Professor of Department of business informatics

Saint-Petersburg Institute of Technology

Ivakhniuk Grigorii K. – Professor, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of fire safety of technological processes and production

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. Transportation of municipal solid waste by rail as one of the ways to reduce their number in large cities is considered. As a tool for predicting the fire-hazardous properties of waste during transportation, the use of exergy index is proposed. Dependences of heat of combustion of MSW on exergy are found. The necessity of taking into account the exergy index in determining the hazard class of waste is shown.

Keywords: municipal solid waste, railway transport, cargo, transportation, fire hazard, exergy, heat of combustion, hazard class.

Проблема отходов в городах-мегаполисах приобретает все большее значение. Неуклонный рост количества твердых коммунальных отходов (ТКО), проблемы с их утилизацией и захоронением ставят задачи поиска новых путей и возможностей их удаления с урбанизированных территорий. Как одно из перспективных развивается направление вывоза ТКО на отдаленные полигоны из крупных городов железнодорожным транспортом [1].

Обеспечение безопасности перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом рассматриваются как первостепенная задача. Это определяет необходимость проработки вопросов, связанных с обеспечением безопасности транспортировки ТКО и прогнозирования их пожаровзрывоопасных свойств.

В качестве инструмента прогнозирования нами предлагается применение эксергетического показателя [1,2]. На сегодняшний день понятие эксергии применяется для оценки эксергетической эффективности, экологической безопасности техники и технологий [2]. Значительное влияние на природу оказывает использование ресурсов и выброс отработанных продуктов, что также можно оценить по количеству заключенной в них эксергии.

Для оценки энерго-экологической эффективности транспортных систем различного масштаба используется эксергетический метод [3,4]. Недостатком такого подхода является отсутствие проработки вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности.

Нами в работах [1,5] проведено прогнозирование пожаровзрывоопасности отходов как опасного груза железнодорожного транспорта. На основании данных [1,6,7] проведено исследование изменений морфологического состава ТКО на протяжении практически 100-летнего периода. Изучены аспекты прогнозирования образования ТКО [8]. Расчет эксергии и теплоты сгорания для компонентов ТКО проводили по методике, изложенной в [1]. Зависимость теплоты сгорания от эксергии для компонентов ТКО представлена на рисунке 1.

Полученные данные свидетельствуют о высоких значениях эксергии ТКО мегаполисов и дальнейшем ее росте. Полимерные материалы обладают наибольшими значениями эксергии, их доля в составе отходов неуклонно увеличивается. За счет своего количества

большой вклад в величину рассматриваемого показателя вносят пищевые отходы, бумага и картон.

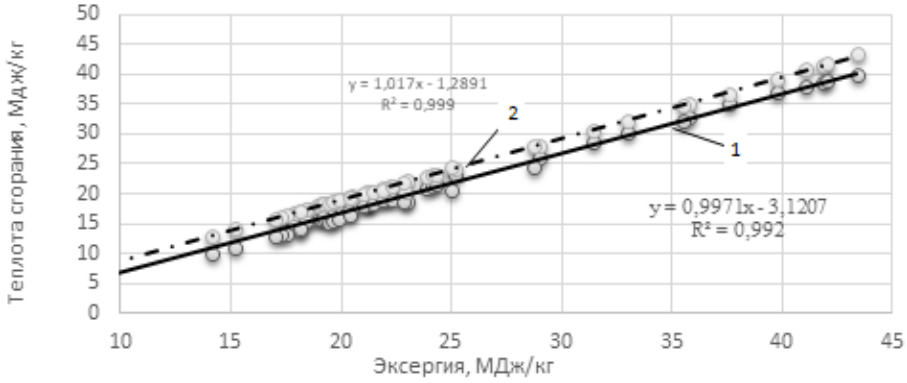


Рисунок 1 – Зависимость теплоты сгорания от эксергии для компонентов ТКО: 1 – для низшей теплоты сгорания; 2 – для высшей теплоты сгорания

Изучено влияние элементного состава ТКО, зольности A (%), содержания летучих веществ V (%), и фиксированного углерода FC (%) на эксергию. Проведенный анализ позволил разделить компоненты ТКО на следующие классы:

1) кожура плодов, сорняки, дерево, листья, и ореховая скорлупа, овощи зеленые части стеблей. Компоненты этой категории состоят из пектина, гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина с высоким содержанием FC и средними значениями других факторов;

2) пищевой крахмал, картофель, хлопок, туалетная бумага, бумага для печати, картон. Основным компонентом бумаги и хлопка является целлюлоза. Целлюлоза и крахмал имеют в своем составе повторяющиеся звенья глюкозы. Вещества отличаются только ориентацией этих звеньев в пространстве;

3) шерсть и химические волокна объединены как материалы, имеющие низкое содержание водорода и кислорода, высокое содержание серы и азота, высокие значения теплот сгорания и эксергии;

4) пластмассы и резины. Имеют высокие значения содержания V, углерода и водорода, теплоты сгорания, химической эксергии, и низкое содержание кислорода, азота, невысокие значения A и FC.

Проведено сопоставление значений эксергии и класса опасности отходов (рисунок 2).

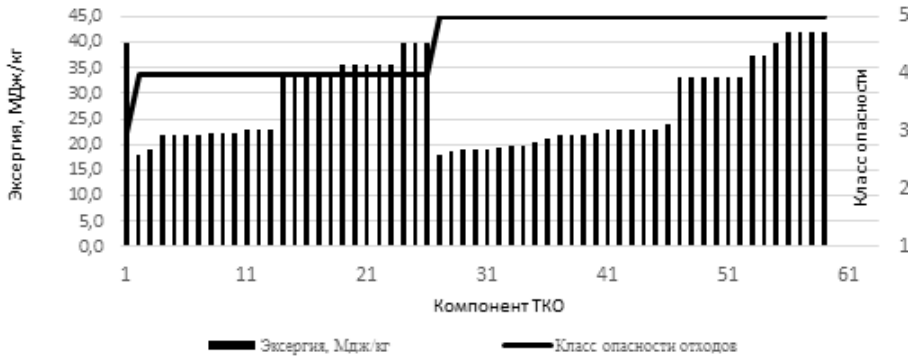


Рисунок 2 – Сопоставление значений эксергии и класса опасности ТКО

Материалы с высоким значением химической эксергии (например, отходы полистирола, вулканизированной резины) относятся к 5 классу практически не опасных отходов, при этом не учитывается возможность возникновения и развития пожара, а также опасные свойства продуктов сгорания.

Полученные зависимости позволяют обосновать применение эксергетического показателя для прогностической оценки пожарной опасности грузов железнодорожного транспорта, что является особенно актуальным при расширении номенклатуры перевозимых веществ, материалов и изделий. Эксергетический подход позволяет комплексно рассматривать вопросы энерго-экологической эффективности и пожарной опасности процессов обращения отходов и проводить сравнительную оценку различных способов их утилизации. Введение эксергетического показателя в процедуру назначения класса опасности отходов позволит более обоснованно подходить к оценке опасных свойств ТКО.

Список литературы

1. Хайдаров А.Г., Королева Л.А., Ивахнюк Г.К. Эксергетическая оценка пожарной опасности перевозок на железнодорожном транспорте // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27, № 10. С. 26-37.

2. Королева Л.А., Хайдаров А.Г. Введение эксергетического показателя в оценку риска и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 66-70.

3. Попов В.Г., Боровков Ю.Н., Сухов Ф.И. Оценка энерго-экологической эффективности // Мир транспорта. 2012. Т. 10, № 3. С. 96-101.

4. Seckin C., Sciubba E., Bayulken A. R. Extended exergy analysis of Turkish transportation sector // Journal of Cleaner Production, 2013. – Vol. 47. – P. 422-436.

5. Королева Л.А., Хайдаров А.Г. Эксергетическая оценка пожарной опасности и энергетической эффективности твердых коммунальных отходов при захоронении, перевозке и сжигании // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 2. С. 22-29.

6. Соломин И.А., Афанасьева В.И. Состав и свойства твердых коммунальных отходов, учитываемые при выборе технических методов обращения с отходами // Природообустройство. 2017. № 3. С. 54-62.

7. Ильиных Г.В. Использование результатов определения морфологического состава твердых бытовых отходов для обоснования системы обращения с отходами // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2012. № 1 (5). С. 35-42.

8. Агаханянц П.Ф. Прогнозирование образование твердых бытовых отходов Санкт-Петербурга // Экономика и экологический менеджмент. 2014. № 1. С. 75-81.

УДК 656.254

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ И АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ПОЕЗДОВ

Никитин Александр Борисович *– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматики и телемеханики на железных дорогах*

Петербургский государственный университет путей сообщения имени Александра I

Шаталова Наталья Викторовна *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Кушпиль Игорь Васильевич *– младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В статье описан общий принцип построения бортовых систем контроля целостности поездов, как составной части системы координатного регулирования движе-

ния поездов. Приведены количественные и функциональные требования, предъявляемые к таким системам. Разработаны алгоритмы функционирования.

Ключевые слова: координатное управление движением поездов, контроль целостности поезда, бортовая локомотивная аппаратура, алгоритм функционирования

PRINCIPLE OF CONSTRUCTION AND FUNCTIONING ALGORITHMS OF ON-BOARD TRAIN INTEGRITY CONTROL SYSTEMS

Nikitin Alexander B. – Doctor of Technical Sciences, Professor, head of department of «Automation and remote control on railways»

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

Shatalova Natalya V. – Ph.D., Leading Researcher of Laboratory of the organization of transport systems

Kushpil Igor V. – Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The article describes the general principle of constructing on-board train integrity control systems as an integral part of the coordinate train control system. Quantitative and functional requirements for such systems are given. Functioning algorithms are developed.

Keywords: coordinate control of train movement, train integrity control, on-board locomotive equipment, functioning algorithm.

Растущий спрос на экономическую эффективность железнодорожных перевозок создает предпосылки для внедрения более эффективных систем СЦБ. Случайное расцепление поезда представляет серьезную опасность для сзади идущих поездов. Ввиду этого, достоверный контроль целостности поезда бортовыми системами является важнейшим условием для внедрения систем СЦБ, в основе которых лежат принципы подвижных блок-участков, и координатного регулирования движения поездов.

Ведущие железнодорожные компании ведут активную работу в направлении совершенствования этих систем. Тем не менее, опубликованные научные труды по данной теме сосредоточены на каком-то одном описываемом способе контроля целостности, без теоретического подхода к задаче в целом.

Анализ научных публикаций по данной теме (Марюхненко & Гурулёва, 2016), (Quante, 2005 (перевод с журнала Eisenbahntechnische Rundschau S.534-539, 2000, № 7/8)), (Scholten, Westenberg, & Schoemaker, 2009), (European-GNSS-Agency, 2018), (Train Integrity Concept and Functional Requirements Specifications, 2018) позволил выделить семь наиболее распространенных способов контроля целостности поездов (таблица 1).

Проведенный **анализ** позволяет сделать вывод об их типовом принципе построения. В общем случае бортовые системы контроля целостности поездов (СКЦП) состоят из локомотивного комплекта аппаратуры (ЛКА), вагонного комплекта аппаратуры (ВКА) и среды передачи данных. Вагонный комплект аппаратуры может быть как с источником питания (активный) так и без него (пассивный) (рисунок 1).

В состав ЛКА входит приемопередатчик (радиомодем, базовая радиостанция, радиодальномер и т.д.), вычислительное устройство (принимающего решение о целостности поезда), бортовой источник питания. Активный ВКА состоит из приемопередающего устройства, контроллера, датчиков, и источника питания. Пассивный ВКА состоит из рефлектора сигнала.

В качестве среды передачи данных может использоваться цифровой радиоканал, оптический или звуковой канал связи.

Таблица 1 – Основные способы контроля целостности поездов бортовыми системами

№ п/п	Способ	Недостатки	Примечание
1	Контроль воздушной тормозной магистрали поезда путем измерения давления и объема израсходованного воздуха	В случае закупорки труб нарушение целостности не обнаруживается или обнаруживается со значительным опозданием	Способ получил широкое распространение, но считается не надежным
2	Сквозная электрическая цепь с головы поезда к хвостовому вагону	Не реализуем на грузовых поездах	Способ получил распространение только на пассажирских поездах
3	Измерение времени прохождения радиосигнала между передатчиками, расположенными в голове и хвосте поезда	Наличие аккумулятора в хвостовом вагоне, погрешности измерений возникающие в кривых участках пути	Способ получил незначительное распространение
4	Система радиолокационного импульсного контроля, состоящая из путевого радара и бортового активного ответчика	Необходимость в напольном комплекте аппаратуры, сложность реализации	Способ не получил распространения
5	Контроль длины поезда GPS приемниками, расположенными в голове и хвосте поезда, путем постоянного контроля его длины. Для повышения достоверности показаний дополнительно используется одометр.	Наличие аккумулятора в хвостовом вагоне, отсутствие GPS сигнала в тоннелях и гористой местности, значительное энергопотребление хвостового комплекта аппаратуры	Способ получил незначительное распространение
6	Контроль длины поезда при помощи радиодальномера установленного в голове поезда и направленного в сторону хвоста. На хвостовом вагоне установлена пассивная антенна-рефлектор (без источника питания)	Погрешности измерений и вероятность потери сигнала в кривых участках пути, сложность установки хвостового комплекта аппаратуры	Способ не получил распространения
7	Построение и контроль топологии сенсорных узлов размещенных вдоль всего поезда, путем анализа путей связи между ними	Необходимость установки нескольких комплектов аппаратуры, сложные алгоритмы функционирования, погрешности измерений	Способ не получил распространения

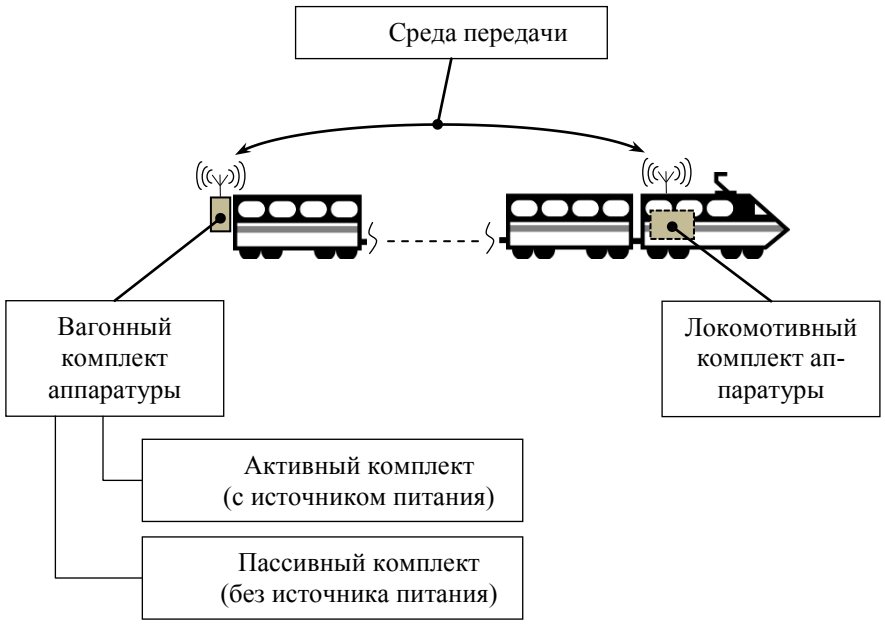


Рисунок 1 – Структурная схема бортовых СКЦП

Предъявляемые требования

В настоящее время в мире не существует общепринятых требований к таким системам. Зарубежные нормативные источники имеют различные показатели.

Отечественная нормативная документация вовсе отсутствует, а те показатели, которые приводятся в статьях и докладах конференций, основаны главным образом на переводах зарубежных источников.

Приведем некоторые количественные требования, основанные на анализе нормативных источников по данному направлению (European-GNSS-Agency, 2018) (таблица 2).

К бортовым СКЦП предъявляются следующие функциональные требования (Scholten, Westenberg, & Schoemaker, 2009):

– процесс соединения с системой целостности должен занимать минимум времени и состоять из минимума операций;

– система целостности должна функционировать без непосредственного участия человека, снижая риск человеческого фактора; машинист должен постоянно иметь достоверную информацию о целостности поезда.

К аппаратным средствам СКЦП предъявляются следующие требования:

– беспроводная связь предпочтительнее проводной;

– система целостности не должна требовать радикальных изменений в конструкции вагонов: это должно быть простое дополнение к существующему вагонному парку;

– должны использоваться надежные, ударопрочные и вандалоустойчивые аппаратные средства, с широким рабочим температурным диапазоном, способные функционировать в суровых железнодорожных условиях;

– система целостности должна быть максимально энергоэффективной.

Таблица 2 – Количественные требования, предъявляемые к бортовым СКЦП международными железнодорожными организациями и союзами

Организация, предъявляющая требования	Точность измерения длины поезда	Доступность (коэффициент готовности)	Уровень безопасности	Допустимая погрешность измерения длины поезда (L)	Время реагирования системы
GRAIL	≤ 10 м	99,98 % - для магистральных линий 95 % - для малодеятельных линий	SIL 4	≤ 2 L - для высокоскоростных линий ≤ 37,8 % L - для линий со смешанным движением	–
SUGAST	6 - 50 м - для высокоскоростных линий > 50 м - для малодеятельных линий	99,98 %	SIL 4	–	< 10 с
GNSS (Rail)	< 10 м	99,98 %	SIL 2 – SIL 4	–	10 – 30 с
Примечание: SIL 2: $\geq 10^{-7}$ – < 10^{-6}; SIL3: $\geq 10^{-8}$ – < 10^{-7}; SIL 4: $\geq 10^{-9}$ – < 10^{-8}					

К бортовым СКЦП предъявляются следующие функциональные требования (Scholten, Westenberg, & Schoemaker, 2009):

– процесс соединения с системой целостности должен занимать минимум времени и состоять из минимума операций;

– система целостности должна функционировать без непосредственного участия человека, снижая риск человеческого фактора; машинист должен постоянно иметь достоверную информацию о целостности поезда.

К аппаратным средствам СКЦП предъявляются следующие требования:

– беспроводная связь предпочтительнее проводной;

– система целостности не должна требовать радикальных изменений в конструкции вагонов: это должно быть простое дополнение к существующему вагонному парку;

– должны использоваться надежные, ударопрочные и вандалоустойчивые аппаратные средства, с широким рабочим температурным диапазоном, способные функционировать в суровых железнодорожных условиях;

– система целостности должна быть максимально энергоэффективной.

Разработка алгоритмов функционирования

Особенностью бортовых СКЦП с пассивным ВКА является отсутствие источника питания в составе ВКА. Информационный обмен между ЛКА и ВКА осуществляется посредством отражения сигнала (отклика), посланного ЛКА от антенны-рефлектора, установленной на хвостовом вагоне в зоне прямой видимости сигнала. По полученному отклику ЛКА принимает решение о целостности поезда.

Принцип определения целостности поезда основан на контроле его длины, путем преобразовании времени прохождения сигнала в пройденное расстояние (эффект Доплера). Алгоритм функционирования СКЦП с пассивным ВКА (рисунок 2).

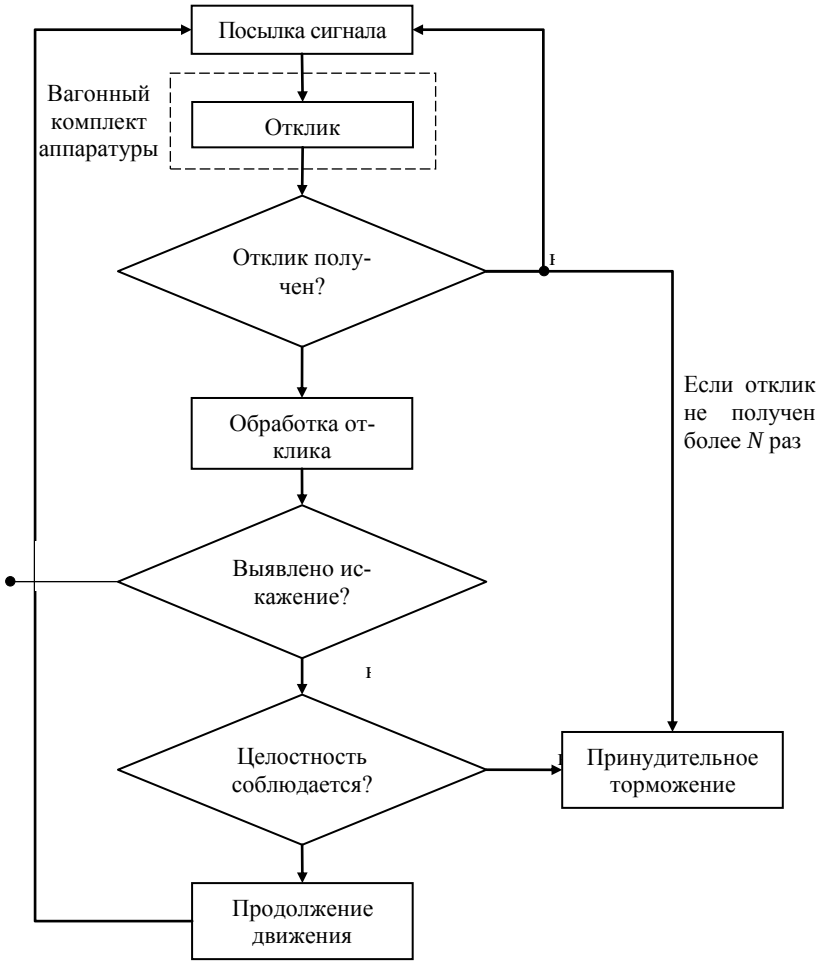


Рисунок 2 – Алгоритм функционирования СКЦП с пассивным ВКА

Особенностью СКЦП с активным ВКА является наличие источника питания и другой вспомогательной аппаратуры в составе ВКА. Информационный обмен между ЛКА и ВКА

осуществляется посредством цифрового радиоканала. Информация с датчиков ВКА формируется в пакеты данных и транслируется в ЛКА, где принимается решение о целостности.

Отличительной особенностью этого типа СКЦП является их расширенные функциональные и технические возможности: применение методов кодирования информации, дополнительные функции телеизмерения, относительная простота монтажа. Алгоритм функционирования СКЦП с активным ВКА (рисунок 3).

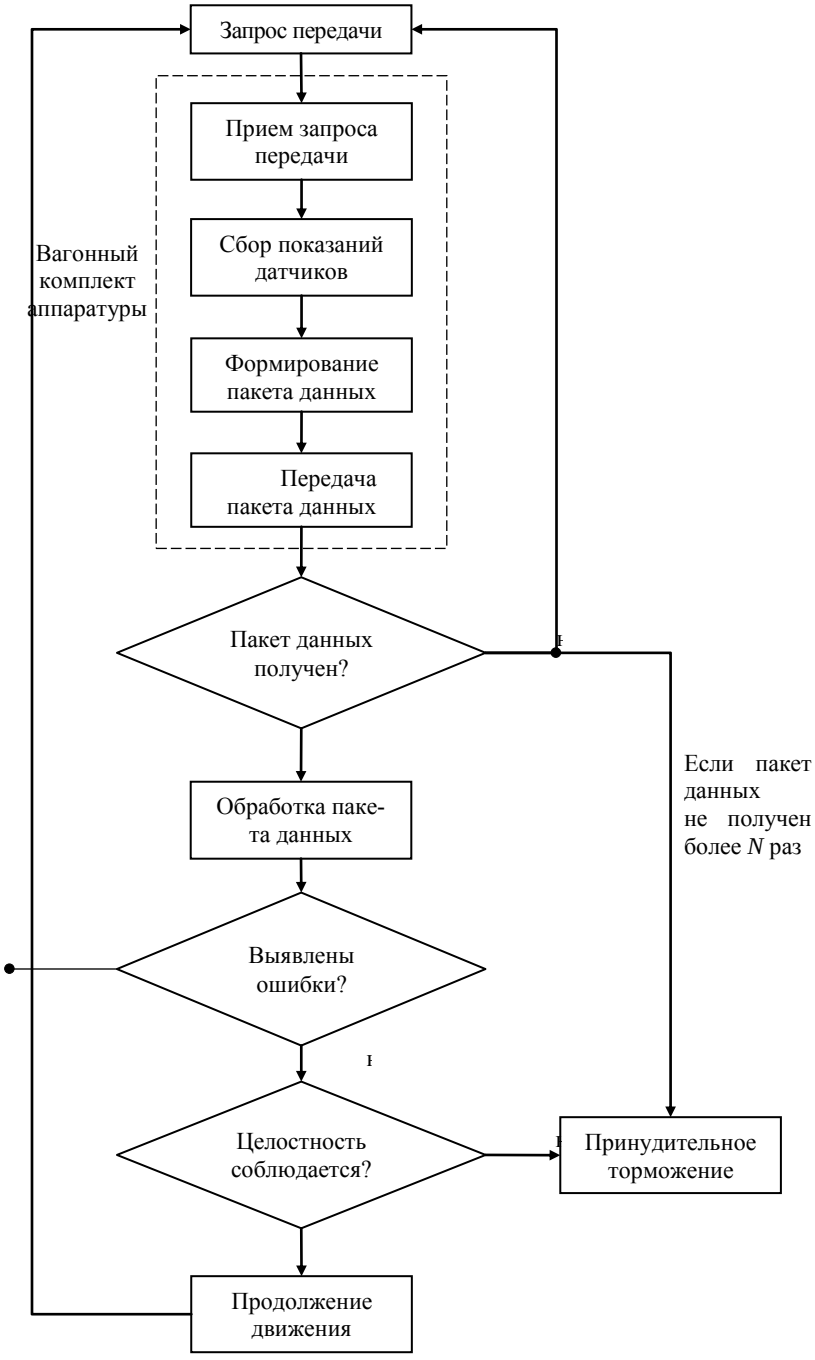


Рисунок 3 – Алгоритм функционирования СКЦП с активным ВКА

Список литературы

1. Марюхненко В.С., Гурулёва М.А. Радиолокационная система контроля целостности железнодорожного подвижного состава с активным ответом // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 2. С. 158-167.

2. Quante F. Контроль полносоставности грузовых поездов // Железные дороги мира. № 2. 2005 (перевод с журнала Eisenbahntechnische Rundschau S.534-539. 2000. № 7/8).

3. Scholten H., Westenberg R., Schoemaker M. Sensing Train Integrity // IEEE SENSORS 2009 Conference. 2009. Pp. 669-674.

4. European-GNSS-Agency. Report on rail user needs and requirements (outcome of the European GNSS' user consultation platform). 1st ed. 2018.

5. Train Integrity Concept and Functional Requirements Specifications. 3rd ed. 2018.

УДК 656.025.2

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИГОНА ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ

Смирнова Ольга Юрьевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин*

ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет

Герасимчук Ксения Евгеньевна *– старший преподаватель кафедры станций, узлов, грузовой работы*

ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Исследования пассажиропотока и факторов, влияющих на размер движения необходимо выполнять не по маршрутам движения электропоездов и не в рамках субъекта РФ, а в границах массового пассажиропотока. В работе представлен фрагмент исследования пригородного сообщения в рамках полигонного подхода. Разработан алгоритм определения полигона пригородного сообщения. Выполнены экспериментальные исследования по определению основных маршрутов полигонов пригородного сообщения в УрФО.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, пассажирские перевозки, пригородное сообщение, полигон пригородного сообщения, маршрут пригородного сообщения, массовый пассажиропоток.

THE DEFINITION ALGORITM OF THE COMMUTER POLIGON

Smirnova Olga Y. – PhD of Engineering, Department of Road transport, construction and road machines

Tyumen Industrial University

Gerasimchuk Ksenia E. – Senior Lecturer of Department of the stations, units and cargo work

Ural State University of Railway Transport

Abstract. Research of passenger traffic and factors affecting the size of traffic must be carried out not along the routes of electric trains and not within the framework of the subject of the Russian Federation, but within the boundaries of mass passenger traffic. The scientific article presents a fragment of the research of suburban communications in the framework of the polygon approach. An algorithm for determining the polygon of a suburban communication has been developed. Experimental studies have been carried out to determine the main routes of the suburban communication landfills in the Ural Federal District.

Keywords: railway transport, passenger traffic, commuter traffic, commuter train ground, commuter route, mass passenger traffic.

Обоснование и основные положения полигонного подхода

Для определения размеров пассажирского движения на железнодорожном транспорте, необходимо знать прогнозные значения пассажиропотока, уровень которых в первую оче-

редь зависит от побудительных мотивов ежедневных поездок населения. Мировая тенденция перераспределения пассажиропотока с индивидуального транспорта на общественный меняет вектор в сторону рельсового транспорта. Анализ региональных Комплексных планов транспортного обслуживания населения в части пригородных перевозок до 2030 года показал, что ни один из субъектов РФ не отказался от использования железнодорожного транспорта в пользу другого вида. Прогноз в планах выполнен на основании фактических значений за прошлые периоды и вопросы синхронизации (по переводу основной части пассажиропотока на рельсовый транспорт) видов транспорта не рассмотрены.

Существующие научные работы, посвященные исследованию факторов, влияющих на организацию пригородного сообщения, направлены на выявление доминантных путем факторного и регрессионного анализа с использованием ретроспективной информации, экспертного опроса или прямого анкетирования пассажиров, на каждом виде транспорта отдельно, в рамках одной пригородной пассажирской компании, без учета особенностей конкретных направлений и факторов скрытого спроса [1,2].

В предыдущих авторских исследованиях была разработана структурно-атрибутивная схема факторов, влияющих на пассажиропоток в пригородном сообщении, которая была структурирована в зависимости от целей поездки, и каждому фактору выбраны индикаторы, с помощью которых можно определить степень влияния [3]. Но наиболее существенные факторы необходимо выявлять с привязкой к конкретному участку пригородного сообщения. Необходимо знать структуру населения, по каждой станции, остановочной платформе. Например, если остановочная платформа вблизи имеет только дачные поселки, то пассажирооборот будет подвержен сезонным колебаниям, которые в свою очередь зависят от наступления теплой погоды. При этом необходимы исследования и во вторичном контуре тяготения населения.

При управлении грузовыми перевозками на ОАО «РЖД» используют понятия «район тяготения» и «полигонная система организации перевозок» [4]. Авторами предложено использование данных терминов для разработки полигонного подхода к организации пригородных железнодорожных перевозок [5]. К основным дефинициям полигонного подхода авторы относят:

Полигон пригородного сообщения – односвязная область на схеме сети железных дорог, содержащая некоторую совокупность железнодорожных станций, остановочных пунктов и зону тяготения, включающую первичный, вторичный контуры.

Основной маршрут полигона пригородного сообщения – маршрут массового пассажиропотока с указанием начальной и конечной железнодорожной станций, на котором имеется технологическая возможность и/или осуществляется движение пригородных поездов.

Границы полигона пригородного сообщения – замкнутая ломанная кривая, проходящая по границам населенных пунктов, население которых активно пользуется поездами пригородного сообщения в первичном контуре зоны тяготения и может пользоваться при наличии синхронизации расписания с другим транспортом во вторичном контуре [6].

Под *первичным контуром зоны тяготения* населения к станциям и остановочным пунктам пригородного сообщения понимается некоторая совокупность населенных пунктов, на территории которой и/или в шаговой доступности находятся железнодорожные станций (остановочные пункты).

Под *вторичным контуром зоны тяготения* населения к станциям и остановочным пунктам пригородного сообщения понимается некоторая совокупность населенных пунктов образующая контур, внутри которого пассажиры добираются до железнодорожной станции (остановки) пригородного сообщения на другом виде транспорта.

Алгоритм определения полигона пригородного сообщения

Взяв за основу определения и основные положения полигонного подхода, был разработан алгоритм определения полигона пригородного сообщения на железнодорожном транспорте (рисунок).

Экспериментальные исследования по определению основных маршрутов полигонов в зоне действия Свердловской пригородной компании

В ходе исследований был выполнен анализ маршрутов по расписанию 2019 года на территории обслуживания ОАО «Свердловская пригородная компания» (Свердловской, Оренбургской, Челябинской, Курганской области, юга Тюменской области и Ханты-Мансийский АО). Необходимо отметить, что информационный массив данных по продаже билетов, полученный в ОАО СПК, не позволяет получить корректные данные по величине пассажирооборота на каждой станции для ретроспективного анализа по дням недели. Причиной тому является обезличенность продажи билетов на поезда пригородного сообщения.

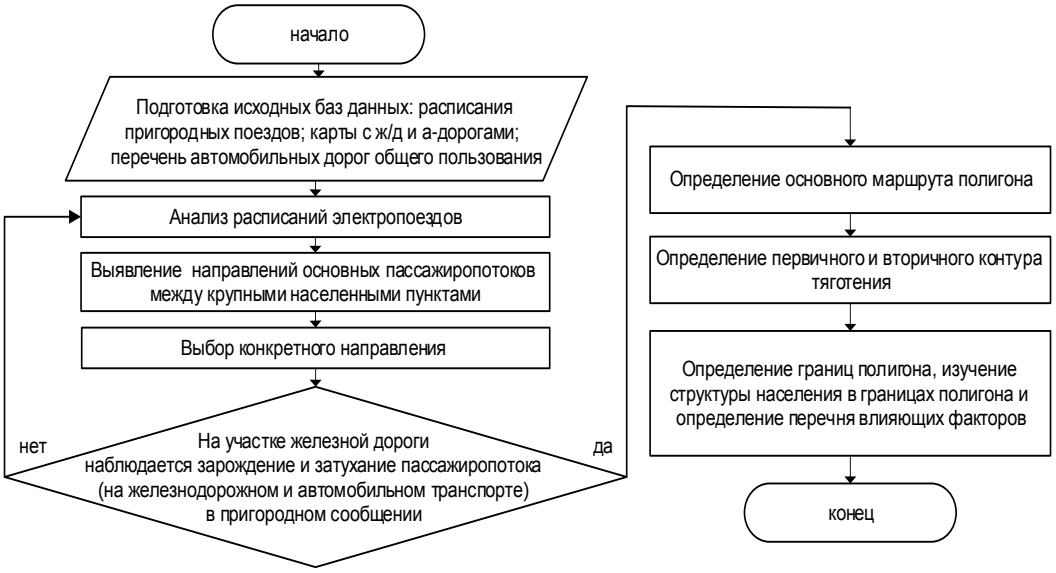


Рисунок – Алгоритм определения полигона пригородного сообщения

В каждой области присутствуют маршруты, которые проходят по территории двух субъектов РФ, и 5 маршрутов частично проходят по территории Казахстана. В расписании существуют маршруты с быстрой пересадкой, например, пассажир желающий уехать из Тобольска в Тюмень может уехать на поезде 7361 Тобольск – Усть-Тавда и затем пересесть в Усть-Тавде на поезд 7363 Усть-Тавда – Тюмень. Сообщение пользуется спросом, но протяженность участка превышает 200 км и ОАО СПК не имеет права организовывать беспересадочное сообщение [7]. Такие пересадки на профессиональном сленге называются «перелом». Перелом в Курганской области: электропоезд 6331 приходит из Кургана в Шумиху в 7-33, а через 10 минут отправляется электропоезд 6205 из Шумихи в Челябинск и это более сложный вариант, когда сообщение идет по территории двух регионов (Курганской и Челябинской области).

Основным принципом в выявлении основного маршрута полигона является массовый пассажиропоток идущий от (в) региональный центр и который невозможно обрывать на границе субъекта РФ в то же время на железнодорожном транспорте есть ограничение по наличию оборотных тупиков, где осуществляется разворот подвижного состава. Результаты выполненного анализа по определению основных маршрутов полигонов пригородного сообщения (фрагмент) представлены в таблице.

В работе обоснован полигонный подход в организации пригородного сообщения – вне границ зоны действия пригородной компании и границ субъектов РФ. Квинтэссенцией полигонного подхода является определение основных маршрутов перевозки с учетом зарождения и затухания массового пассажиропотока, определение первичного и вторичного контура тяготения населения, и синхронизации с другими видами транспорта. Разработанная методика определения основного маршрута полигона пригородного сообщения представлена в виде алгоритма. Определены основные маршруты полигонов пригородного сообщения с учетом пассажиропотоков зарождающихся в зоне действия ОАО «СПК».

Таблица – Полигоны пригородного сообщения

Основной маршрут полигона *(фрагмент из г. Екатеринбурга)*	***Наименование полигона***	***Расст, км***	***Комментарии***
792704 Ощепково - 790408 Войновка	Екатеринбург - Тюмень	151+183	Межобластной
802107 Верхний Уфалей – 800008 Челябинск	Екатеринбург - Челябинск	142+110	Межобластной
782702 Кузино – 783002 Шаля – 764206 Кордон -761104 Пермь	Екатеринбург - Пермь	146+171	Межобластной
795100 Каменск-Уральский- 827805 Шадринск - 828501 Курган	Екатеринбург - Курган	100	Межобластной
781409 Ревда – 782505 Дружинино – 782204 Михайловский завод	Екатеринбург - Дружинино	151	Свердловская область
785908 Егоршино – 786506 Алапаевск	Екатеринбург - Алапаевск	178	Свердловская область
770103 Нижний Тагил	Екатеринбург – Нижний Тагил	149	Свердловская область

Применение результатов исследования позволит определить размер и характеристики потенциального пассажиропотока первичного и вторичного контуров зоны тяготения, что позволит выполнить более детальные расчеты размеров движения.

Список литературы

9. Шнейдер М.А., Проскурякова Е.А Рынок пригородных железнодорожных перевозок: управление и экономика: монография. – СПб. 2012. – 288 с.

10. Степанова Е.С. Анализ и оценка факторов, влияющих на пригородный пассажиропоток // автореферат на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – Новосибирск, 2015. – 25 с.

11. Смирнова О.Ю., Герасимчук К.Е. Подходы к анализу факторов, влияющих на пригородное сообщение // Вестник УрГУПС. 2017. № 4 (50). С. 85-95.

12. Осьминин А.Т. Научные подходы к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД». ВНИИЖТ. 2017. № 2. С. 42-56.

13. Смирнова О.Ю., Герасимчук К.Е. Полигонный подход к организации пригородных перевозок // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. № 5. С. 42-45.

14. Власюк Т.А. Оценка границ зоны тяготения пригородного пассажиропотока на железнодорожном транспорте // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2010. № 1. С. 28-31.

15. Вакуленко С.П., Колин А.В. О критериях определения категорий пригородных поездов // Мир транспорта. 2012. Т 10. № 6 (44). С. 16-21.

УДК 658.314.7:330.115

КАТАЛОГИЗАЦИЯ УСЛУГ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

Савушкин Сергей Александрович *– кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела прогнозирования развития транспортных систем*

Лемешкова Алеся Валерьевна *– младший научный сотрудник отдела прогнозирования развития транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. Интеллектуальный каталог услуг включает как набор базовых услуг, так и способы их комбинирования для получения комплексных услуг Рассмотрены вопросы построения раздела интеллектуального каталога транспортных услуг транспортно-логистической компании, связанного с морским этапом мультимодальной перевозки.. При-

ведены основные классификации для настройки базовых услуг при выборе вида морской перевозки, судна и судоходной компании.

Ключевые слова: транспорт, морской, структура, каталог, услуга, логистика, грузовое судно, порт.

CATALOG OF MARITIME TRANSPORT SERVICES

Savushkin Sergey A. – Ph.D.(math.), Leading Researcher of Moscow department of the department for forecasting the development of transport systems

Alesya Lemeshkova – Junior Researcher of the department for forecasting the development of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. An intelligent service catalog is understood as a set of basic services and how to connect them to obtain a comprehensive service. The problems of building a section of the catalog of transport services of a transport and logistics company related to the maritime stage of multimodal transportation are considered. The basic classifications for setting up basic services are given when choosing the type of sea transportation, choosing a vessel, shipping company.

Keywords: transport, maritime, structure, catalog, service, logistics, cargo ship, port

Концепция и методика разработки каталога транспортных услуг изложены в работах [1-3]. Подход к организации каталога услуг предполагает классификацию, группировку имеющегося набора услуг и построение на этой основе структуры каталога. Вопросы реализации данного подхода применительно к железнодорожным грузовым перевозкам описаны [1]. Морские перевозки осуществляется судоходными компаниями, пунктами отправления и назначения являются морские порты, где происходит погрузка и выгрузка груза, хранение, упаковка, пакетирование и консолидация.

Документы, оформляемые при осуществлении перевозок

Заявка на перевозку груза должна включать следующие основные элементы:

- описание пути следования (пункт отправления, пункт назначения);
- описание груза (наименование, объем, габариты, вес, упаковка).

Типовые схемы международных мультимодальных грузоперевозок с участием морского транспорта: «Склад – железнодорожный и/или автотранспорт – морской порт – морской транспорт», «Морской порт – железнодорожный и/или автотранспорт – Склад». Вопросы выбора способов перевалки груза при смене вида транспорта рассмотрены в [4].

Основным документом при осуществлении морского этапа перевозки является коносамент (хотя имеются и другие вспомогательные документы, например, счета за доставку, уведомления о прибытии грузов). В коносамент должны быть включены следующие данные:

- наименование перевозчика и место его нахождения;
- наименование порта погрузки и дата приема груза перевозчиком в порту погрузки;
- наименование отправителя и место его нахождения;
- наименование порта выгрузки согласно договору морской перевозки груза;
- наименование получателя, если он указан отправителем;
- наименование груза;
- внешнее состояние груза и его упаковки;
- фрахт в размере, подлежащем уплате получателем и др.

Одним из этапов формирования логистической схемы комплексной мультимодальной услуги является выбор транспортных средств.

Классификацмя морских грузовых судов по типам. Особенности типов судов связаны с их конструкциями, возможностями погрузки/выгрузки, видам перевозимых грузов. Основные классы грузовых судов [5]:

– сухогрузы, предназначенные для перевозки твёрдых, навалочных, и тарно-штучных грузов, в том числе контейнеров и жидких грузов в таре, универсальные суда для генеральных грузов, оборудованные погрузочно-разгрузочными средствами, суда для перевозки массовых грузов, балкеры дедвейтом менее 12 тыс. тонн, некоторые другие суда, например, агломератовозы;

– балкеры (навалочники) – суда для перевозки сыпучих грузов навалом в трюме (без тары), использующиеся для перевозки руды, угля, цемента. Существуют универсальные и специализированные балкеры, оборудованные для перевозки определённых видов грузов (например, рудовозы и цементовозы). Существуют также суда, способные одновременно перевозить и насыпные, и наливные грузы (например нефтерудовозы);

– контейнеровозы – суда для перевозки грузов в контейнерах;

– ролкеры – суда с горизонтальным способом погрузки и выгрузки для перевозки автомобилей и другой колёсной техники. Основное преимущество ролкера – быстрота разгрузки и погрузки судна;

– лихтеровозы – суда, перевозящее специальные баржи – лихтеры. Их загружают у причала, транспортируют буксиром к лихтеровозу и поднимают на борт. Разгрузка производится в обратном порядке;

– танкеры – суда для перевозки наливных грузов;

– рефрижераторные суда для перевозки скоропортящихся продуктов питания.

Классификация морских грузовых судов по размерам опирается на возможности портов и терминалов по приёму судов разного размера, а также на пропускные способности Суэцкого и Панамского каналов [5]. Проиллюстрируем её на примере балкеров (сухогрузов):

– Capesize 100-400тыс.т. – самые крупные сухогрузы-балкеры, не предназначенные для навигации в Панамском и Суэцком каналах;

– Panamax 65-100тыс.т. – суда имеющие максимально допустимые габариты для прохождения Панамского канала (длина 225 м, ширина 32 м, осадка 12,5 м). Суда данного класса не оснащаются грузовыми кранами и имеют 7 трюмов. Максимальная осадка с грузом до 15 м;

– Supramax 50-70 тыс.т. – промежуточный класс между Handymax и Panamax. Оснащены кранами, имеют 5 трюмов. Максимальная осадка с грузом до 13 м;

– Handymax 35-45 тыс.т. – суда, оснащенные кранами и имеющие осадку с грузом до 12 м. Как правило, имеют 5 трюмов;

– Handysize 20-35 тыс.т. – суда, оснащенные кранами и имеющие максимальную осадку с грузом до 10 м. Как правило, имеют 5 трюмов;

– Минибалкеры до 10 тыс.т. – небольшие морские сухогрузы для коротких и каботажных рейсов.

Виды морских перевозок

Основными видами услуг морского транспорта являются:

– линейные перевозки;

– трамповые перевозки по договору рейсовый чартер;

– предоставление судов на основе договоров тайм-чартер или бербоут-чартер.

Линейные перевозки организуются на направлениях устойчивых грузопотоков между определенными портами и носят регулярный характер, выполняются по объявленным расписаниям и тарифам, которые остаются неизменными в течение длительного времени. Крупнейшие морские компании мира, осуществляющие контейнерные перевозки [6]:

– A.P. Moller-Maersk Group – крупнейшая компания, офисы которой находятся в 130 странах. Ей принадлежит более 600 судов, в том числе входящих в число крупнейших контейнерных судов в мире;

– Mediterranean Shipping Company (MSC) – вторая по величине компания, имеющая почти 500 судов и работающая во всех крупных портах мира. Сегодня MSC имеет 480 офисов в 150 странах;

– CMA CGM – французская компания, использующая 420 портов в 150 странах и обслуживающая 200 разных маршрутов доставки;

– China COSCO Shipping – китайский бизнес-конгломерат, в дополнение к контейнерным перевозкам, оказывающий логистические и финансовые услуги;

– Evergreen Marine – тайваньская компания с маршрутами от Дальнего Востока до Северной и Центральной Америки, Австралии, Южной Америки, Южной Африки и других стран. Evergreen имеет более 150 контейнеровозов и использует 240 портов в 80 странах;

– Orient Overseas Container Line занимается перевозками и проектной логистикой. OOCL имеет более 300 офисов в 70 странах мира, эксплуатируя 57 судов, в том числе 2 судна ледового класса;

– Hamburg Sud входит в Maersk Group, но по-прежнему значится в большинстве списков крупнейших морских контейнерных компаний мира;

– Yang Ming Marine Transport Corporation имеет 84 контейнеровоза и подразделение логистики;

– NYK Line связана с Yang Ming. В ее флоте насчитывается 800 кораблей, но не все они являются контейнерными судами;

– Mitsui O.S.K. Lines – японская судоходная компания;

– Hapag-Lloyd и др.

Трамповые перевозки характеризуются отсутствием связи с обслуживанием определенных направлений или портов. Трамповое судно, завершив перевозку, может направиться в другой район мирового океана, где его ждет новый чартер.

Морские порты

При планировании логистической схемы необходима информация о расположении портов, их способности принимать суда определенного класса, максимальная глубина акватории, наличие достаточной площади, количества причалов (например, для насыпных и генеральных грузов, лесоматериалов, каучука, специализированных терминалов, контейнерных терминалов, терминалов для ролкеров и лихтеров, автомобильных, нефтеналивных и др. терминалов, складов, холодильников) и о количестве портовых кранов. Перспективы развития российских арктических портов описаны в [7]. Самые загруженные порты мира [8]:

– Шанхай (Китай). Крупнейший порт мира сохраняет свою первую позицию с 2010 года, когда обогнал Сингапурский порт. В 2012 году показал лучший результат среди портов-гигантов – 32,5 млн. двадцатифутовых контейнеров (TEU) в год;

– Сингапур. Хотя порт Сингапура уступил лидерство, он по-прежнему считается самым оживленным портом мира. Стабильно является вторым контейнерным портом мира – оборот контейнеров составил 31,7 млн. TEU в год;

– Гонконг – второй крупнейший порт Китая с 14 причалами. Контейнерооборот этого порта в 2012 году составил 23 млн. TEU;

– Шэньчжэнь (Китай) постоянно расширяет свою долю на рынке морских перевозок на юге Китая за счет близости к металлургическим заводам и дельте реке Чжуцзян. В 2012 году принял около 23 млн. 20-ти футовых контейнеров;

– Пусан (Южная Корея). Показатель в 22,5 млн.TEU в 2012 году позволил этому оживленному южнокорейскому порту сохранить пятое место в рейтинге;

– Нинбо (Китай) расположен на пересечении крупного северо-западного пути и внутреннего судоходства по реке Янцзы, и является шестым контейнерным портом мира (16,8 млн. TEU в год);

– Гуанчжоу (Китай) расположен в дельте реки Чжуцзян – Гуанчжоу, и в 2012 году принял более 12 млн. 20-ти футовых стандартных контейнеров;

– Циндао (Китай) – развивающийся китайский порт, терминалы которого в 2012 году обработали 14,5 млн. контейнеров;

– Дубай (ОАЭ) имеет четвертый по величине в мире контейнерный терминал. В 2012 году обслужил 13,4 млн. контейнеров, в том числе самый большой в мире контейнеровоз грузоподъемностью 16 020 TEU «Marco Polo»;

– Тяньцзинь (Китай) обработал 12.3 млн. TEU в 2012 году, и занял десятое место в рейтинге крупнейших портов, тем самым потеснив старейший европейский порт Роттердам в Нидерландах.

На основании данной информации, исполнительный блок каталога услуг логистической компании может настроить отдельные шаги и сформировать логистическую схему морского участка мультимодальной перевозки «от двери до двери».

Список литературы

1. Цыганов В.В., Савушкин С.А. Каталог услуг в адаптивном организационном управлении транспортными структурами // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 12. С. 3-10.

2. Цыганов В.В. Клиентоориентированность и каталогизация услуг в управлении крупномасштабной организацией // Информационные технологии и технологии управления в промышленности, науке и образовании: материалы Международной конференции.– Гурзуф: ИНИТ. 2016. С. 3-9.

3. Савушкин С.А. Формализация каталога транспортных услуг // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной. научно-практической конференции. СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 44-47.

4. Четчуев М. В., Четчуева В. Г. Оценка экономической целесообразности применения вариантов перевалки груза в смешанном железнодорожно-водном сообщении // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 103-106.

5. Грузовое судно. Википедии. URL: https://ru.wikipedia.org/ (дата обращения 20.10.2019).

6. Крупнейшие морские линии мира. Cargotime. URL: https://cargotime.ru/ (дата обращения 20.10.2019).

7. Киселенко А.Н., Малащук П.А., Сундуков Е.Ю. Возможности увеличения грузооборота морских портов западной части Арктики // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 83-87.

8. Топ 10 самых больших портов мира. DekaTop.com. URL: https://dekatop.com /archives/6712 (дата обращения 20.10.2019).

УДК 629.12

НОВЫЕ КОРАБЛИ-СПАСАТЕЛИ ДЛЯ МОРСПАССЛУЖБЫ РОССИИ

Изотов Сергей Сергеевич *– начальник сектора судовых энергетических установок*
АО Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота

Свидзинская Галина Борисовна *– доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения*
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Рассмотрены вопросы состояния и модернизации аварийно-спасательного флота Российской Федерации, в рамках реализации Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)». Показано, что строительство новых многофункциональных и специализированных кораблей-спасателей осуществляется на отечественных верфях. Отмечено, что несмотря на ввод в строй новых современных кораблей-спасателей, состояние аварийности на морском транспорте в

Российской Федерации остается высоким.

Ключевые слова: аварийно-спасательный флот, многофункциональные и специализированные суда-спасатели, аварийность на морском транспорте.

NEW RESCUE SHIPS FOR MARINE RESCUE SERVICE OF RUSSIA

Isotov Sergey S. – Chief of the sector of Marine power plants sector
Ltd «Central Marine research & Design Institute»
Svidzinskaya Galina B. – Associate Professor, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of physico-chemical principles of combustion and extinguishing
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. Deals with issues of state and modernization the Russian Federation rescue fleet state, which are taking place in the framework of the Federal target program «Development of transport system of Russia (2010-2020)». It is shown that the construction of new multipurpose and special purpose salvage vessels realizes at the domestic shipyards. It is noted that despite the commissioning of new modern rescue ships, the state of accidents in Maritime transport in the Russian Federation remains high.

Keywords: rescue fleet, multipurpose and specialized rescue ships, maritime transport accidents.

В августе-сентябре 2019 группа специалистов Невского судостроительного завода (г. Шлиссельбург) вместе со своими иностранными коллегами успешно провели на Ладожском озере испытания многофункционального буксира-спасателя «Калас» (проект MPSV12). Ходовые испытания проводились с целью проверки основных характеристик судна, технических средств, приборов и оборудования на соответствие утверждённым тактико-техническим требованиям, инструкциям по эксплуатации, испытывалась надёжность энергетических установок, управляемость, остойчивость, ходкость и инерция судна при работе в реальных условиях.

«Калас» – это второй многофункциональный буксир спасатель серии MPSV12, построенный на Невском судостроительном заводе, начиная с 2016 года. Первый головной корабль этой серии, состоящей из четырех судов, – «Бахтемир» был передан Морспасслужбе Росморречфлота в 2019 году. Буксиры носят имена рек, протекающих в тех регионах России, где планируется работать будущим судам-спасателям.

Так Бахтемир – это река в Астраханской области, куда планировалось направить судно после постройки, Калас (предполагаемый порт приписки Архангельск) – река в Ленском районе Архангельской области, река Бейсуг (порт приписки судна – Новороссийск) – протекает по Прикубанской низменности в Краснодарском крае и впадает в Азовское море, судно «Пильтун» будет работать на Дальнем Востоке, оно названо по имени реки Пильтун, протекающей на острове Сахалин и впадающей в одноименный залив Охотского моря.

Строительство современных многофункциональных судов-спасателей проходит в рамках Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)», разработанной и утвержденной в 2008 году Постановлением Правительства Российской Федерации и предусматривающей восполнение, в частности, аварийно-спасательного состава флота [1,2]. Принятие этой программы было продиктовано значительным износом и технической отсталостью судов-спасателей, построенных еще в советское время, и ростом аварийности на морском транспорте в РФ в первом десятилетии 21 века (таблица 1). По состоянию на 2013 год из необходимых 194 судов-спасателей эксплуатировались лишь 94. В Балтийском бассейне укомплектованность составляла 63 %, отсутствовали спасательные катера, не хватало бонопостановщиков, В Азово-Черноморском бассейне при укомплектованности 57 % не хватало многофункциональных спасательных судов и катеров, нефтесборщиков и бонопостановщиков. В Каспийском бассейне при укомплектованности 50 %, не было спасательных катеров и бонопостановщиков. Особенно тяжелая обстановка

сложилась в Северной и Западной части Арктического бассейна (укомплектованность 53 %), Тихоокеанской и Восточной части Арктического бассейна (укомплектованность 23 %), Дальневосточном бассейне (укомплектованность 33%). В этих районах практически отсутствовали спасательные суда и катера, суда-нефтесборщики и бонопостановщики, ощущалась резкая нехватка морских водолазных судов [3,4]. В этих условиях небезопасно было проводить суда по Северному морскому пути, а главное- осуществлять разработку в Арктике нефти и газа [6].

Следует отметить, что морским транспортом перевозится в настоящее время большая часть грузов, особенно это касается наливных грузов, жидкого топлива: сырая нефть, нефтепродукты, сжиженный газ. В суммарном мировом грузообороте доля морского транспорта составляет 62 %.

Таблица 1 – Состояние аварийности на морском транспорте в Российской Федерации за период 2002-2009 годы

Классификация аварийных ситуаций	Годы							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Кораблекрушения	3	6	7	7	7	5	6	3
Аварии и аварийные происшествия	59	36	41	59	67	70	66	58

Несмотря на очевидный технический прогресс в развитии средств спасения, ежегодно более 200 крупных судов терпят кораблекрушение, погибает свыше 2 000 человек, теряется более миллиона тонн грузов. Нефтепродукты и другие токсичные вещества, попадая в воду, вызывают загрязнение и гибель морских обитателей, ухудшают экологическую обстановку [7].

В ходе реализации Федеральной целевой программы было решено строить современный многофункциональный спасательный флот, способный решать весь комплекс задач по обеспечению безопасности на водных объектах как в южных, так и в арктических морях [1,2,8,9].

В период с 2010 по 2019 год Морспасслужбе Росморречфлота были переданы 6 катеров-бонопостановщиков проекта А40-2Б, построенные на ООО «Верфь братьев Нобель», судно-обеспечения «Балтийский исследователь», 11 рейдовых водолазных катеров проекта А-160, построенных на заводе «Нижегородский теплоход», 5 морских водолазных судов проекта SDS08 и 5 катеров-бонопостановщиков проекта А40-2Б-ЯР, сделанных в Ярославле, пожарный буксир TG-17, построенный на Окской судоверфи, в Коломне было спущено на воду несамоходное грузовое судно БПБ-001, предназначенное для Морспасслужбы.

Наиболее интересными, без сомнения, являются многофункциональные суда-спасатели (МСС) проектов MPSV06, MPSV07 и MPSV12. Эти суда арктического класса осуществляют поиск, снятие с мели, буксировку и освидетельствование аварийных судов и плавучих объектов как во льдах, так и на чистой воде, проводят спасение и эвакуацию людей с оказанием им медицинской помощи, выполняют водолазные работы, осуществляют тушение горящих объектов и топлива, ликвидируют аварийные разливы нефти и нефтепродуктов. Первые суда-спасатели ледокольного типа проекта MPSV06 «Берингов пролив» и «Мурман» были построены в Германии и переданы нашей стране в 2015 году. В дальнейшем строительство этих уникальных кораблей-спасателей осуществлялось на Невском судостроительном заводе. В период с 2010 по 2016 год по проекту MPSV07 было построено 4 судна («Спасатель Кавдейкин» – порт приписки Мурманск, «Спасатель Карев» – Санкт-Петербург, «Спасатель Демидов» – Новороссийск, «Спасатель Заборщиков» – Владивосток).

Особенностью многих акваторий РФ является их небольшая глубина. Так 23 из 66 морских портов имеют ограничение по осадке судов 5 метров, а причалы в этих портах имеют глубину 3–3,2 метра. В таких районах невозможно вести аварийно-спасательные работы без использования судов с малой осадкой [4]. В 2015 году Невский завод в

Шлиссельбурге приступил к строительству новой серии из четырех мелкосидящих буксиров-спасателей проекта MPSV12 [2].

Вновь построенные суда успешно выполняют аварийно-спасательное дежурство в районах интенсивного судоходства, рыбного промысла, вблизи морских нефтяных и газовых промыслов.

В 2018 году МСС «Спасатель Заборщиков» принимало участие в поиске рыболовецкого судна «Восток» в Японском море.

«Спасатель Карев» нес службу в Керченском проливе, принимал участие в буксировке протяженностью 2465 морских миль первого в мире плавучего атомного энергетического блока «Академик Ломоносов» от причала «Балтийского завода» в Санкт-Петербурге к причалу «Атомфлота» в порту Мурманск, в буксировках плавкранов на Дальнем Востоке и плавучей буровой установки «Амазон» из порта Ямбург в Северо-Обский район, в экспедициях по осмотру скважин на Балтике, в Баренцевом, Карском морях, море Лаптевых, нес дежурство у нефтяной платформы «Приразломная». В октябре «Спасатель Карев» участвовал в спасательной операции в Норвежском море.

МСС «Спасатель Демидов» приняло участие в буксировке из Мурманска в район Русановского месторождения плавучей буровой платформы Nanhai VIII и дальнейшем аварийно-спасательном дежурстве у буровой платформы.

В феврале 2018 года пожарный буксир проекта TG17 «Пенай» восстановил плавучесть аварийного судна «Берг», находящегося у побережья в районе порта Феодосии, окружил район аварии боновыми заграждениям, произвел откачку топлива и машинного масла, предотвратив загрязнение акватории.

В 2019 году МСС «Спасатель Заборщиков» принимало участие в поисково-спасательной операции по поиску летчиков Су-34 в Татарском проливе. В Черном море МСС «Спасатель Демидов» производило тушение и постановку на якорь загоревшихся в момент передачи груза танкеров-газовозов «Candy» и «Maestro», принадлежащих Турции и Индии. В марте 2019 года МСС «Спасатель Демидов» вместе с морским буксиром «Меркурий» снял с мели в Керченском проливе либерийский балкер «Maryland» с 17000 тонн металлопродукции. В период зимней навигации МСС «Спасатель Заборщиков» и «Спасатель Карев» обеспечивали ледокольные проводки судов к порту Санкт-Петербург и из порта Ванино в Советскую Гавань.

Ввод в строй новых кораблей-спасателей позволил повысить укомплектованность Морспасслужбы Росморречфлота до 70 %, однако снизить аварийность на водных объектах в России пока не получается (таблица 2) [10]. (Потери мирового флота в 2018 году составили 46 судов. Это рекордно низкий уровень за все столетие, в 2000 году число погибших судов равнялось 207 единицам.)

Таблица 2 – Состояние аварийности на морском транспорте в Российской Федерации за период 2014-2019 годы

Показатель	Годы					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019 (1 полугодие)
Аварии (из них особо серьезные)	45(1)	72(5)	82(4)	84(8)	103(4)	14(2)
Количество травмированных	5	1	5	6	4	0
Количество погибших	3	86	22	22	40	6

Причины высокой аварийности на морском транспорте в РФ требуют детального анализа и принятия, серьезных мер для их снижения. Однако, статистика свидетельствует о том, что наибольшие потери в мировом судоходстве отмечаются в конце декабря – начале января каждого года. Всплеск аварийности можно объяснять как наступлением сезона

непогоды, так и наличием в этот период большого количества праздников. Именно человеческий фактор, слабые знания и невнимание к правилам эксплуатации транспортных средств, приводят в последнее время в России к авариям, в том числе, с человеческими жертвами. Задачей Министерства Транспорта Российской Федерации в этой связи является создание таких условий при эксплуатации судов, при которых дорогостоящие и укомплектованные по последнему слову техники корабли-спасатели были бы задействованы только на дежурствах и учениях.

Список литературы

1. Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б. Основные направления модернизации и развития аварийно-спасательного флота России // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 238-241.

2. Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б. Реализация государственной программы обновления аварийно-спасательного флота Российской Федерации на отечественных верфях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3. С. 123-129.

3. Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Тонюк В.И., Автутов Н.В. Обоснование параметрического ряда многофункциональных судов-спасателей гражданского назначения // Вісник Одеського національного морського університету. 2013. № 3. С. 5-36.

4. Егоров Г.В. Обоснование «линейки» многофункциональных аварийно-спасательных судов для работы в прибрежных морях России // Морские интеллектуальные технологии. 2015. Т. 1. № 3. С. 28-44.

5. Емельянов М.Д. Безопасность морского транспорта России // Транспорт Российской Федерации. 2008. № 2. С. 38-43.

6. Воробьев В.М., Никитин В.С., Симонов Ю.А. Атомные ледоколы и освоение арктического шельфа // Арктика: экология и экономика. 2016. № 1. С. 21.

7. Куан М.В. Спасательные суда и вопрос обеспечения безопасности морского транспорта в мире и во Вьетнаме // Труды НГТУ им. Р.Е Алексеева. 2013. № 3. С. 182-188.

8. Буянов А.С. Анализ состояния аварийно-спасательного флота России // Проблемы развития морского флота. − СПб.: ЦНИИ морского флота. 2009. С. 107-114.

9. Лебедев А.В. Спасательные службы России: история создания и развития // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2013. Т. 3. № 2. С. 71-90.

10. Госморречнадзор. Анализ и состояние аварийности. URL: https://sea.rostransnadzor.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost (дата обращения 13.09.2019).

УДК 656.1

ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ СКОРОЙ ПОМОЩИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗОЛОТОГО ЧАСА» В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

Войтко Александр Михайлович *– старший преподаватель*
ФГБОУ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация. В статье раскрывается понятие «золотого часа», анализируется взаимосвязь эффективности его использования с оперативностью обеспечения бригад скорой помощи в условиях мегаполисов. Приводятся выявленные в ходе исследования наиболее значимые конструктивные факторы автомобиля скорой помощи, факторы дорожной среды и факторы дискомфорта транспортируемого пострадавшего, экипажа бригады скорой по-

мощи, а также водителя, ограничивающие подвижность автомобиля. На основе оценки факторов сформулированы предложения по формированию типового маршрута доставки пострадавшего в лечебное заведение. Разработан маршрут движения по г. Санкт-Петербургу, для экспериментальной сравнительной оценки подвижности автосанитарных маши.

Ключевые слова: медицинский «золотой час», автосанитарный транспорт, подвижность, ограничивающие факторы, типовой маршрут, подвеска автомобиля, виброускорение, поперечная устойчивость, продольная устойчивость.

INFLUENCE OF THE MOBILITY OF EMERGENCY CARS ON THE EFFICIENCY OF USING THE «GOLDEN HOUR» IN THE CONDITIONS OF THE MEGAPOLIS

Voytko Aleksandr M. – Senior Lecturer
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering.

Abstract. The article reveals the concept of the «golden hour», analyzes the relationship between the effectiveness of its use and the efficiency of providing ambulance crews in megacities. The most significant design factors of the ambulance, road environment factors and discomfort factors of the transported victim, the ambulance crew and the driver, limiting the mobility of the vehicle, identified during the study, are presented. Based on the assessment of factors, proposals are formulated on the formation of a typical route for the delivery of the victim to a medical institution. A traffic route has been developed around St. Petersburg for an experimental comparative assessment of the mobility of sanitary vehicles.

Keywords: medical «golden hour», automobile transport, mobility, limiting factors, typical route, car suspension, vibration acceleration, lateral stability, longitudinal stability.

Сегодня, к сожалению, травмы прочно занимают третье место в мире среди причин смертности населения после онкологических и сердечнососудистых заболеваний. Среди юношей и подростков травма является причиной смертности в 80% случаях. Травмы, полученные в ДТП, вносят значительный вклад в эту негативную статистику. Последствия травм для здоровья пострадавших и возможность сохранения их трудоспособности зависят от эффективности скорой медицинской помощи в первый посттравматический период [1]. Понятие «золотого часа», подразумевает время, в течение которого состояние человека, попавшего в критическое положение, балансирует на грани жизни и смерти (если в течение этого времени ему оказать полноценную медицинскую помощь, то вероятность выживания достигает 90%. и 10% если через два часа). Это объясняется тем, что максимальные компенсаторные функции организм человека при серьезных повреждениях обеспечивает в течение одного часа, эффективно поддерживая стабильное состояние пострадавшего, после чего наступает период постепенного истощения запасов прочности, и организм «отключает» менее важные участки тела для обеспечения остатками жизненных сил самого важного органа – мозга.

К сожалению, реализация возможностей «золотого часа» часто ограничивается несвоевременными прибытием машин скорой помощи и доставкой пострадавших до медицинского учреждения. Статистика причины смертности пострадавших при ДТП [2] показывает, что до 34 % случаев вызваны прибытием скорой помощи со значительным опозданием.

Время прибытия автомобиля скорой медицинской помощи до пострадавшего варьируется в зависимости от плотности населения и его рассосредоточенности по районам города, транспортной доступности, дорожных условий, климатических условий и т.п. Не стоит также забывать, что во многих случаях возникает потребность в доставке пострадавших в медучреждение. При этом необходимо обеспечить высокую скорость доставки и комфортные условия транспортирования пострадавших [3]. Совокупная оценка эффективности решения этих задач может проводиться по показателю подвижности транспортного средства,

которая зависит как от конструктивных особенностей автомобиля, так и от состояния транспортной среды на маршруте движения. Этот посыл соответствует традиционному понятию подвижности, как интегрального эксплуатационного свойства транспортной машины, определяющего ее способность выполнять поставленные задачи с оптимальной адаптивностью к условиям эксплуатации и состоянию самой машины [4,12,13]. При этом в качестве оценочного показателя подвижности автомобиля в мегаполисе целесообразно принять полезнообеспеченную скорость, определяемую частным от деления расстояния между двумя точками по прямой на полное время движения от одной точки к другой, независимо от пройденного пути. Такой подход исключает необходимость учета экстремальных состояний машины по подвижности – потерю подвижности по мобильности и по живучести [5]. В связи с этим в качестве основного допущения при исследовании было принято, что машина передвигается по маршруту непрерывно, без потерь времени на остановки по причине поломок либо дорожных заторов, используя при этом варианты движения в объезд.

Таким образом, эффективность использования автомобиля скорой медицинской помощи должна оцениваться совокупностью факторов, которые целесообразно разделить на три группы: состояние транспортной среды, эксплуатационные свойства автомобиля и комфорт пассажиров.

Исходя из гипотезы о значимом влиянии на среднюю скорость перемещения автосанитарной машины состояния дорожной среды на маршруте, конструктивных особенностей транспортного средства и факторов дискомфорта транспортируемого пострадавшего, медицинского персонала и водителя автомобиля, по каждой группе предложен ряд ключевых факторов, определяющих среднюю скорость, которые были выбраны на основе обобщения опыта деятельности автосанитарных бригад медицинской скорой помощи и водителей ГУП «Медсантранс» в г. Санкт-Петербург [6].

Факторы дорожной среды, определяющие среднюю скорость движения автомобиля скорой помощи по маршруту: наличие дорожных пробок на маршруте и невозможность их объезда; количество поворотов на перекрестках маршрута движения; сложность маневрирования во дворах на ограниченных пространствах, количество светофорных объектов на маршруте движения, количество нерегулируемых пешеходных переходов на маршруте движения.

Конструктивные факторы, определяющие среднюю скорость движения автомобиля скорой помощи: тягово-скоростные свойства; тормозные свойства; управляемость; устойчивость поперечная; устойчивость продольная; маневренность; геометрическая проходимость; плавность хода.

Факторы дискомфорта, ограничивающие среднюю скорость движения автомобиля скорой помощи:

- большой продольный крен кузова при торможении и разгоне;
- большой поперечный крен кузова при поворотах машины на перекрестках;
- интенсивные толчки при переезде «искусственных неровностей»;
- интенсивные толчки при движении по разбитой асфальто-бетонной поверхности;
- интенсивная вертикальная раскачка автомобиля при езде по ухабистой поверхности;
- вибрация кузова при езде по ровной поверхности с повышенной шероховатостью (на крупнозернистом асфальте);
- повышенная вибрация кузова при езде по неровной поверхности;
- укачивание пассажиров.

Определение наиболее важных ограничивающих факторов проводилось на основе экспертного опроса, который традиционно включал в себя организацию экспертного опроса и обработку его результатов методами математической статистики. К опросу в качестве экспертов для оценки значимости факторов дорожной среды и конструктивных факторов были привлечены 15 специалистов – водителей машин скорой помощи ГУП «Медсантранс» (г. Санкт-Петербург). Для оценки факторов дискомфорта транспортируемых пострадавших и

сопровождающего медперсонала привлекались 15 специалистов – врачей и фельдшеров из состава бригад автомобильной скорой помощи. Для получения экспертной информации были разработаны опросные анкеты для оценки значимости факторов каждой из трех групп по бальной системе.

На основе полученных данных был определен вес каждого фактора исходя из бальных оценок, проставленных каждым экспертом, по формуле [7]:

$$r_{ij} = \frac{h_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} h_{ij}}, \quad (1)$$

где r_{ij} – вес – j-го показателя, определенный i-м экспертом, h_{ij} – балл i-го эксперта, выставленный j-му фактору, n – количество факторов. Окончательные весовые коэффициенты показателей определялись по формуле:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}{\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}, \quad (2)$$

где m – число экспертов.

Первым этапом обработки полученных результатов экспертных оценок явилось ранжирование показателей с учетом вероятности возникновения одинаковых бальных значений (присвоение стандартизированных рангов [8], значение которых представляют собой среднее суммы мест, поделенных между объектами с одинаковыми рангами).

Определение согласованности W мнений экспертов оценивалось с помощью коэффициента конкордации Кендалла по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (3)$$

где m – число экспертов, n – число факторов, S – сумма квадратов отклонений сумм рангов, полученных каждым экспертом (n), от средней суммы рангов:

$$S = \sum_{i=1}^{n}\left\{\sum_{j=1}^{m} x_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1)\right\}^2, \quad (4)$$

где j – номер эксперта.

Коэффициент корреляции рангов r_s, необходимый для определения статистической взаимосвязи экспертных оценок по факторам, рассчитывается по следующей формуле:

$$r_s = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{m} d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (5)$$

где d^2 – квадрат разности между рангами.

Далее приведена значимость дорожных факторов по результатам обработки опросов, снижающих среднюю скорость движения по маршруту, в порядке ее убывания: наличие дорожных пробок на маршруте и невозможность их объезда; сложность маневрирования во дворах на ограниченных пространствах; количество светофорных объектов на маршруте

движения; количество нерегулируемых пешеходных переходов на маршруте движения; количество поворотов на перекрестках маршрута движения.

Значимость конструктивных факторов, снижающих среднюю скорость движения по маршруту, в порядке ее убывания: геометрическая проходимость бордюров; маневренность на ограниченных пространствах; стабилизация поперечного крена; стабилизация продольного крена; плавность хода; тягово-скоростные свойства; тормозные свойства; управляемость.

Значимость факторов дискомфорта, снижающих среднюю скорость движения по маршруту, в порядке ее убывания: укачивание пассажиров; повышенная вибрация кузова при езде по неровной поверхности; большой продольный крен кузова при торможении и разгоне; большой поперечный крен кузова при поворотах машины на перекрестках; интенсивные толчки (тряска) при движении по разбитой асфальто – бетонной поверхности; интенсивные толчки (удары) при переезде «лежачих полицейских»; вибрация кузова при езде по ровной поверхности с повышенной шероховатостью (на крупнозернистом асфальте); интенсивная вертикальная раскачка автомобиля при езде по ухабистой поверхности.

Анализ результатов экспертных оценок показывает, что решающую роль в ограничении технических возможностей санитарного автомобиля по обеспечению максимальной скорости движения на городском маршруте играют факторы дискомфорта пострадавшего и экипажа, определяющиеся в основном плавностью хода и поперечной и продольной динамической устойчивостью машины. В связи с этим следующим этапом исследования должна стать сравнительная оценка комфортабельности перевозки пострадавших на автосанитарных средствах с различными конструктивными особенностями подвесок [9]. Такую оценку целесообразно проводить для случая движения машин по типовому маршруту, имеющему в своем составе все ограничивающие факторы дорожной среды в соответствии с их приоритетами.

Обработка анкетных данных позволила сформировать типовой пятикилометровый маршрут передвижения автосанитарной машины по вызову в условиях ее работы по обслуживанию центрального района г. Санкт-Петербурга от Кронверского проспекта, д. 51, по Кронверской наб. далее по Троицкому мосту – Садовая ул., Инженерная ул. – до Лиговского пр. и далее до Мариинской больницы.

На предложенном маршруте, проложенном по городским улицам с асфальтобетонным покрытием различного состояния, имеется 4 искусственных неровностей, 7 стыков на Троицком мосту, 12 шумовых полос.

Для проведения сравнительной экспериментальной оценки времени преодоления маршрута предлагается использовать машины с тремя вариантами конструктивного исполнения подвески: пружинная с гидравлическими амортизаторами, пружинная с гидропневматическими амортизаторами и пневматическая с регулируемым уровнем дорожного просвета [10].

В качестве итога работы предполагается дать рекомендации по выбору и конструктивному усовершенствованию автомобилей скорой помощив соответствии с санитарными правилами по гигиене труда водителей автомобилей [11-13].

Список литературы

1. Юрковский О.И. Российская система неотложной медицинской помощи пострадавшим в ДТП как фактор обеспечения социально-демографической безопасности и здоровья населения // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: материалы докладов девятой Международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГАСУ. 2010. С. 83-89.

2. Дежурный Л.И., Шувалова Е.А., Лысенко К.И., Батурин Д.И. Система первой помощи пострадавшим при ДТП как одна из задач обеспечения безопасности дорожного движения // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: материалы IX Международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГАСУ. 2010. С. 83-89. С. 93-96.

3. Балабин И.В., Богданов В.В., Чабунин И.С. Влияние массы водителя на его вибронагруженность // Исследования, конструкции, технологии. 2015. № 4 (93). С. 16-20.

4. Вахидов У.Ш. Подвижность колесных машин на заснеженном склоне // Современные проблемы науки и оборудования. 2012. № 4. С. 1-8.

5. Евтюков С.С. Сопротивление амортизатора сжатию, как фактор влияния на энергетические затраты автомобиля при преодолении порогового препятствия // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 65.

6. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Алейник В.И. Автотракторный транспорт. Основы теории движения и элементы расчета: учебное пособие. – СПб.: Петрополис. 2018. С. 148-156.

7. Макарова И.Л. Анализ методов определения весовых коэффициентов в интегральном показателе общественного здоровья // Символ науки. 2015. № 7. С. 54-60.

8. Люсов А.Н., Цейтлин Ф.А., Левштеин Р.Г. Моделирование норм расхода топлива на обжиг клинкера на основе статистических методов. – СПб.: ВНИИЭСМ. 1977. С. 28-30.

9. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург. 2006. С. 247-264.

10. Добромиров В.Н., Гусев Е.П., Карунин М.А., Хавханов В.П. Амортизаторы. Конструкция, расчет, испытания. – М.: МГТУ «МАМИ». 2006. С. 31-37.

11. Санитарные правила по гигиене труда водителей автомобилей № 4233-86 от 30.12.1986 г. Утв. заместителем главного государственного санитарного врача СССР А.М.Скляровым № 4616-88, 5 мая 1988 г.

12. Podoprigora N., Dobromirov V., Pushkarev A., Lozhkin V. Methods of Assessing the Influence of Operational Factors on Brake System Efficiency in Investigating Traffic Accidents. Transportation Research Procedia/ 2016. Vol. 20. P. 516-522.

13. Podoprigora N., Dobromirov V., Stepina P. Method of assessing the influence of the moisture content in the braking fluid on the braking system actuation efficiency braking fluid on the braking system actuation efficiency. Transportation Research Procedia. 2018. Vol 36. P. 597-602.

УДК 004.93

ЭКСТЕНСИОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Дюк Вячеслав Анатольевич *– доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*

Михов Олег Михайлович *– младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Брюс Федор Олегович *– инженер 2-й категории*

АО Концерна «НПО Аврора»

Аннотация. В статье рассмотрена типология методов машинного обучения, основанная на интенсиональном и экстенсиональном представлении знаний. Приводятся достоинства и недостатки методов экстенсионального подхода. Описывается путь развития экстенсиональных методов с применением контекстно-зависимых локальных метрик. Модели машинного обучения, основанные на экстенсиональном подходе, представляют собой ансамбли объектов с привязанными к ним локальными контекстно-зависимыми метриками, что эквивалентно ансамблям линейных решающих правил. Указываются вопросы, которые необходимо исследовать для реализации таких моделей. Это алгоритмы построения контекстно-зависимых локальных метрик и методы построения композиции прецедентов по матрицам близости с нарушением метрических отношений.

Ключевые слова: машинное обучение, контекстно-зависимые локальные метрики, экстенсиональные способы представления знаний

EXTENSIONAL METHODS OF MACHINE LEARNING

Duke Vyacheslav – Dr.Sci.Tech, Chief Researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems

Mikhov Oleg M. – Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Bruce Fyodor Ol. – engineer 2nd category
Aurora JSC

Abstract. The article considers the typology of machine learning methods based on intensional and extensional representation of knowledge. Advantages and disadvantages of extensional approach methods are given. The way of development of extensional methods using context-dependent local metrics is described. Machine learning models based on the extensional approach are ensembles of objects with local context-dependent metrics attached to them, which is equivalent to ensembles of linear decision rules. The questions that need to be investigated for the implementation of such models are indicated. These are algorithms for constructing context-dependent local metrics and methods for constructing a composition of precedents on proximity matrices with violation of metric relations.

Keywords: machine learning, context-dependent local metrics, extensional methods of knowledge representation.

В самых различных предметных областях, в том числе на транспорте, сегодня все шире используются предиктивные модели, построенные методами машинного обучения (Machine Learning – ML). Разные компании применяют различные алгоритмы ML от простейших типа наивного байесовского классификатора до достаточно изощренных типа метода опорных векторов (Support Vector Machine – SVM).

Представляется целесообразным попытаться объяснить, с чем связано такое многообразие подходов, и обосновать перспективное, на наш взгляд, но мало обсуждаемое направление, связанное с экстенсиональными методами машинного обучения.

Специфика современных требований обработке следующие:

– данные имеют неограниченный объем;

– данные являются разнородными (количественными, качественными, текстовыми);

– результаты должны быть конкретны и понятны;

– инструменты для обработки сырых данных должны быть просты в использовании.

Проблемы, с которыми сегодня сталкиваются аналитические системы ранее нами описывались в ряде статей [1]. В сжатом виде специфика данных следующая:

– нечеткость целевых показателей и критериев;

– неопределенность, неточность, разнотипность и неизвестная размерность описаний;

– гетерогенность эквифинальных состояний исследуемых систем;

– наличие русел и джокеров разного, заранее не известного формата с неизвестной локализацией;

– неточная разметка больших данных.

Поиск, описание и структурирование закономерностей в предметных областях с подобными характеристиками породили большое количество подходов. Наиболее популярная на сегодня типология методов машинного обучения приведена в книге [2]. Эта типология выглядит следующим образом: *Символизм* – поиск логических закономерностей. *Коннекционизм* – нейронные сети. *Эволюционизм* – адаптивная оптимизация структуры моделей. *Бейесионизм* – оценивание распределений над параметрами. *Аналогизм* – «близким объектам близкие ответы». *Композиционизм* – кооперация моделей.

Здесь используется сугубо феноменологический подход и, на наш взгляд, подобная типология не отражает двух фундаментальных способов представления знаний – интенсио-

нального и экстенсионального, на чем мы концентрировали внимание в наших предыдущих работах [3].

Интенсиональное представление реализуется посредством операций над атрибутами (признаками, свойствами) и не предполагают произведения операций над конкретными информационными фактами (объектами).

Экстенсиональное представление связано с описанием и фиксацией конкретных объектов из предметной области и реализуются в операциях, элементами которых служат объекты как целостные системы.

На рисунке даны расширенные представления об оппозиции интенсиональное-экстенсиональное. В соответствии с двумя фундаментальными способами представления знаний нами было ранее предложено разделить все методы машинного обучения на две группы:

– интенсиональные методы, основанные на операциях с признаками;
– экстенсиональные методы, основанные на операциях с объектами.

Интенсиональные методы фиксируют связи между свойствами объектов, которыми объясняется структура данных. Вид фиксируемых связей предполагается заранее известным и суть методов интенсионального подхода заключается в определении параметров той или иной заранее заданной модели. К интенсиональным относятся, например, методы регрессионного анализа, дискриминантного анализа, методы нейросетевого подхода и др.

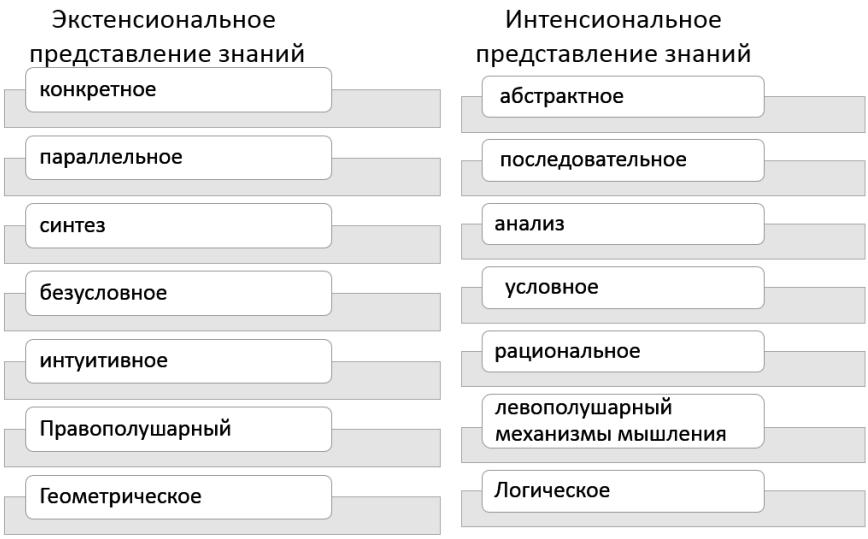


Рисунок – Два фундаментальных способа представления знаний

Экстенсиональное представление знаний основано на описании и фиксации конкретных объектов из предметной области (объект описывается зафиксированными значениями признаков). Экстенсиональное представление реализуется в операциях, элементами которых служат объекты как целостные многомерные структуры.

В экстенсиональных методах объекты рассматриваются как прецеденты и используется только одна операция – определение сходства (различия) этих прецедентов с неизвестным объектом. Сходство (различие) выражается геометрически через расстояние в *p*-мерном пространстве признаков. В зависимости от условий конкретной задачи роль отдельного прецедента может меняться в широких пределах от главной до весьма косвенного участия.

К экстенсиональному подходу относятся метод сравнения с прототипом, метод *k*-ближайших соседей и алгоритмы вычисления оценок. На практике из экстенсиональных методов сегодня наиболее популярен метод *k*-ближайших соседей, свойства которого мы рассмотрим ниже. По частоте применения (результаты опросов специалистов за несколько последних лет на портале www.kdnuggets.com) этот метод располагается на 3-м месте. Нередко

данный метод используется как baseline для сравнения эффективности других алгоритмов. Основные преимущества метода [4-6]:

– строго доказанная точность, близкая к теоретически достижимому пределу при неограниченном увеличении объема выборки;

– свобода от априорных предположений о структуре данных;

– алгоритм устойчив к аномальным выбросам, так как вероятность попадания такой записи в число *k*-ближайших соседей мала;

– результат работы алгоритма интерпретируем. Экспертам в различных областях вполне понятна логика работы алгоритма, основанная на нахождении схожих объектов.

Вместе с тем, у метода *k*-ближайших соседей отмечают следующие недостатки:

– считается, что для работы метода требуется хранить в памяти всей обучающей выборки;

– практически все исследователи говорят о непростой проблеме выбора метрики для измерения расстояния между объектами;

– отмечается трудоемкость поиска ближайших соседей при больших объемах и размерностях данных;

– нет теоретических оснований выбора определенного числа соседей.

Основным недостатком, который ограничивает эффективность применения экстенсиональных методов, по нашему мнению, является представление об общем для всех объектов пространстве признаков и, соответственно, единой метрике для измерения расстояний между объектами. В задачах анализа данных, когда мы имеем дело с системами надкибернетического уровня сложности, каждый объект следует рассматривать как самостоятельный информационный факт (совокупность событий), имеющий ценные уникальные особенности [3]. Указанные особенности раскрываются путем конструирования для любого объекта собственного локального пространства признаков и нахождения индивидуальной меры, определяющих иерархию его сходства с другими объектами, релевантную заданному контексту. Без такого раскрытия описания объектов нивелированы, могут содержать много ненужных, шумящих, отвлекающих и даже вредных деталей, и «сферы действия» объектов как представителей своих классов эквивалентности являются суженными.

Индивидуально сконструированные локальные метрики обеспечивают каждому объекту, как представителю своего класса, максимально возможную «сферу действия», которой нельзя достигнуть при построении общего пространства признаков и использовании одинаковой метрики для всех объектов. Описание каждого эмпирического факта оказывается полностью избавленным от неинформативных элементов, что позволяет в дальнейшем иметь дело с чистыми «незашумленными» структурами данных. В этом описании остается только то, что действительно важно для отражения сходства и различия эмпирического факта с другими фактами в контексте решаемой задачи.

Модели машинного обучения, основанные на экстенсиональном подходе, представляют собой ансамбли объектов с привязанными к ним локальными контекстно-зависимыми метриками, что, вообще говоря, эквивалентно ансамблям линейных решающих правил. Эти модели свободны от ряда вышеупомянутых недостатков метода *k*-ближайших соседей. Вместе с тем, при их реализации необходимо дополнительно применять алгоритмы построения контекстно-зависимых локальных метрик и использовать специальные методы построения композиции прецедентов по матрицам близости с нарушением метрических отношений. Эти вопросы являются предметом наших дальнейших исследований.

Список литературы

1. Флегонтов А.В., Дюк В.А., Фомина И.К. Мягкие знания и нечеткая системология гуманитарных областей // Программные продукты и системы. 2008. № 3. С. 88-92.

2. Домингос П. Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир. – СПб.: Люкс. 2016. – 480 с.

3. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. – СПб: «Братство». 1994. – 364 с.

4. Fix E., Hodges J.L. Discriminatory analysis: nonparametric discrimination: consistency properties. – Rep. N 4. – USAF school of Aviation Medicine. – Texas. – February 1951. – Project 21-49-004. – Contract AF-41-(128)-31.

5. Cover T., Hart P. Nearest neighbour pattern classification // IEEE Trans. Inform. Theory, V. IT-13, 1967. P. 21-27.

6. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 509 с.

УДК 681.51

ТРАНСПОРТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Минкин Денис Юрьевич *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

Власова Татьяна Владимировна *– старший преподаватель кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

Николаев Денис Валерьевич *– кандидат педагогических наук, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Рассмотрена структура производственных и транспортных процессов, средств, связей сложных производственных систем. Выделена транспортная составляющая, как элемент интегрированной финансовой и технологической функциональных составляющих экономической безопасности сложных производственных систем.

Ключевые слова: сложные производственные системы, транспортная составляющая, экономическая безопасность сложных производственных систем, предприятия оборонно-промышленного комплекса, экономико-математические модели, показатели экономической безопасности, промышленный транспорт, транспортные связи.

TRANSPORT COMPONENT OF ECONOMIC SAFETY OF COMPLEX PRODUCTION SYSTEMS

Minkin Denis Y. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems

Vlasova Tatiana V. – senior lecturer of the department fire safety of buildings and automated fire extinguishing system

Nikolaev Denis V. – candidate of pedagogical sciences, docent of the department fire safety of buildings and automated fire extinguishing system

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The structure of production and transport processes, means, connections of complex production systems is considered. The transport component is highlighted as an element of the integrated financial and technological functional components of the economic security of complex production systems.

Keywords: complex production systems, transport component, economic security of complex production systems, enterprises of the military-industrial complex, economic and mathematical models, indicators of economic security, industrial transport, transport links.

Экономическая безопасность относительно молодое научное направление и возникающие в последние десятилетия различного рода угрозы и риски развития государства актуализируют вопросы обеспечения экономической безопасности на макро и микро уровнях.

Можно сказать, что проблема обеспечения экономической безопасности является производной задачи экономического развития и входит в состав важнейших функций не только государства в целом, но и предприятий в частности, а приоритеты направления решения рассматриваемой задачи меняются в зависимости от предлагаемых внешних и внутренних условий.

Большинство специалистов рассматривают экономическую безопасность (ЭБ) как состояние успешного функционирования при эффективном использовании ресурсов и потенциала предприятия для предотвращения возникающих угроз и обеспечения устойчивого развития.

Исследователи классифицируют следующие функциональные составляющие экономической безопасности предприятий: финансовая; интеллектуальная; информационная; технологическая; организационно-правовая; экологическая; силовая; и отмечают зависимость значимости этих составляющих от характера деятельности предприятий и существующих и возникающих угроз.

В статье рассмотрены предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК), как сложные производственные системы (СПС), являющиеся частью экономической системы и оказывающие значительное влияние на ее безопасность [1]. СПС отличаются повышенной технологической и инновационной мобильностью, структурной сложностью и взаимосвязью составлявших его элементов, следовательно при обеспечении ЭБ особую значимость приобретают оптимальное и эффективное взаимодействие перечисленных элементов системы и в первую очередь технологической и финансовой. Внешнее и внутреннее взаимодействие элементов СПС осуществляется, в том числе, посредством различного вида транспортных средств и имеет опосредованное влияние на функционирование систем и ее ЭБ.

По функциональным признакам различают транспорт на магистральный и промышленный. К магистральному относят транспорт, перемещающий продукцию из мест ее производства ее производства к местам потребления. А промышленный, функционирует как составная часть системы и участвует в процессе производства, выполняя технологические внутренние перемещения, а также осуществляет транспортные связи ними.

Согласно общероссийскому классификатору основных фондов (ОКОФ) производственный транспорт (машины, оборудование и транспортные средства), относятся к активной части основных фондов. Для своевременного отражения операций с основными средствами (поступление, перемещение, выбытие), достоверного определения доходов от реализации и выбытия основных средств, определения затрат на содержание основных средств ведется учет основных средств. Перечисленные операции характеризуют финансовую обеспеченность СПС основными средствами, а показатели, соответственно, финансовую составляющую ЭБ.

Технические параметры используемых транспортных средств машин и оборудования отражают технологический потенциал, степень инновационности используемых технологий и относятся к показателям технологической составляющей ЭБ.

В рассматриваемом аспекте применяемых транспортных средств и оборудования в деятельности СПС актуально говорить о транспортной составляющей ЭБ, интегрированной в финансовую и технологическую.

Тогда для обеспечения приемлемого уровня ЭБ при внутреннем взаимодействии элементов системы одной из задач будет создание и поддержание в эксплуатации оптимизированных транспортных связей, и транспортных операций, которые предусматривают:

– увязку по принятым показателям производственного транспорта с технологическим процессом производства;

– оптимальное сочетание различных видов транспорта.

Согласно исследованиям, транспортные операции составляют значительную часть в технологическом процессе производства продукции, что является следствием технологических особенностей производственного процесса деятельности СПС.

Общая длительность производственного цикла изготовления продукции зависит от продолжительности собственно операций по обработке изделия и от различного рода пере-

рывов, связанных в том числе и с транспортными операциями. Транспортные операции в свою очередь имеют зависимость от применяемых транспортных средств, от плана выпуска, профиля продукции, технологии производства, мощности оборудования, вероятности возникновения сбоев и ограничений, возникающих в течение производственного процесса. [2].

С учетом транспортных операций длительность производственного цикла в общем виде имеет следующий вид:

$$t_i^{\text{Ц}} = t_i + t_i^n, \text{ где } t_i^n = t_i^{nt} + t_i^g + t_i^s, \quad (1)$$

где: t_i – технологическое время; t_i^{nt} – длительность нетехнологических штатных операций i-го цикла; t_i^g – длительность межоперационного интервала i-го цикла; t_i^s – длительность нештатных вынужденных интервалов i-го цикла [3].

Транспортные средства, участвуя в производственном процессе, играют важную роль, создавая условия для постоянного и ритмичного функционирования способствуя оптимизации длительности производственного процесса, что отражается в экономических показателях, например, себестоимости выпускаемой продукции.

Следовательно, промышленный транспорт, с одной стороны, является неотъемлемой частью производства, а с другой – важнейшим звеном транспортной системы.

Он продолжает производственный процесс в сфере распределения, обращения, формируя единый цикл: производство – поставка – распределение (продажа) – потребление.

Тогда можно констатировать, что на ряду, с производственными циклами, для обеспечения ЭБ необходимо учитывать влияние стадии проектирования, поставки, хранения, интеграцию внутри и между производственными системами, взаимодействие с поставщиками и потребителями.

Достижение оптимальной эффективности производства и транспортировки, возможно посредством совершения последовательных действий по оптимизационному изменению параметров составляющих экономической безопасности СПС, основанных на экономико-математических моделях оценки и методиках обоснования рациональных параметров экономической безопасности СПС [4,5].

Обеспечение экономической безопасности осложняется тем, что внешние взаимосвязи СПС осуществляется в условиях значительной территориальной отдаленности и неопределенности экономической и технологической среды.

Экономическая неопределенность, изменение ресурсов и продукции почти всегда требуют увеличения общих затрат. Отклонения от заданной последовательности операций вызывают множество нарушений в цепях поставок, что создает угрозы экономической безопасности СПС.

Значимыми параметрами экономической безопасности СПС, дающими общее представление о его состоянии в целом, а также адаптивности системы к современным условиям, являются показатели, характеризующие производственную и финансово-хозяйственную деятельность.

Бабенков В.И., Гурьянов А.В., Чешина В.М. при построении экономико-математической модели оценки уровня экономической безопасности предприятия ОПК придерживаются мнения, что основные показатели заданы или определены. К числу таких показателей относят: динамику производства; темп обновления основных производственных фондов; стабильность производственно процесса; объем портфеля заказов; фактический и необходимый объем инвестиций; фондоотдача производства и др.

При такой постановке задачи экономико-математическая модель представлена в форме обобщенного или интегрального критерия:

$$K_j^0 = \sum_{\substack{i=1 \\ n \in N}}^{n} a_i k_{ji}, \quad (2)$$

где: K_j^0 – интегральный (обобщенный) показатель уровня ЭБ j-го предприятия ОПК, j = 1, ...,m; экономической безопасности в величину (вес частного показателя);

N – множество параметров, определяющих уровень экономической безопасности предприятия;

k_{ji} – величина, характеризующая величину i-го параметра на j-м предприятии.

Таким образом, для решения задачи необходимо определить:

N – множество параметров, определяющих уровень экономической безопасности;

$n_j \in N$ – подмножества параметров формирующих уровень экономической безопасности предприятия ОПК;

a_i – численные значения весов параметров.

Специалисты подчеркивают, что, экономическую безопасность предприятия ОПК характеризует не только его способность обеспечивать стабильные показатели эффективности производства в текущий момент времени, но и способность устойчивой работы и развития в условиях внешних и внутренних угроз. И разрешают эту задачу путем разработки процедур экономико-математического моделирования условий деятельности предприятия [6].

Тогда для формального описания условий деятельности с учетом угроз экономической безопасности определен подход, основанный на применении методов имитационного моделирования, кластерного анализа и управления цепями поставок.

Так, для предприятий ОПК существует некоторая совокупность условий заключения договоров и поставок продукции от поставщиков потребителям, выраженных следующей формулой:

$$B = \{A, B, P, Q, L, C\} = \|b_i\|, (i = 1, \dots, m), \quad (3)$$

где: $A = \{a_i\}$ – множество возможных объемов поставки продукции и услуг;

$B = \{b_j\}$ – множество, характеризующее возможные потребности продукции и услугах;

$P = \{p_{ij}\}$ – множество, характеризующее транспортные возможности;

$L = \{l_{ij}\}$ – множество, характеризующее протяженность транспортных коммуникаций;

$Q = \{q_{ij}\}$ – множество, характеризующее интегральные или ведущие показатели качества, продукции и услуг;

$C = \{c_{ij}\}$ – множество, характеризующее возможную стоимость закупки и доставки продукции и услуг.

Каждая компонента вектора $B = \|b_i\|, (i = 1, \dots, m)$ характеризует условия закупок, доставки и обеспечения качества продукции и услуг, может принимать различные значения на отрезке $[b_{min,i}, b_{max,i}]$.

В результате получают необходимое множество $\{M\}$ случайных сочетаний векторов $B = A, B, P, Q, L, C$ исходного вектора $B = \|b_i\|, (i = 1, \dots, m)$.

Предложенные экономико-математические модели экономической безопасности предприятия ОПК [6] применимы для СПС, позволяют учесть такие виды неопределенности и угроз деятельности, как изменение спроса и затрат на производство продукции, расширение структуры поставок и увеличение объемов потребляемых материальных и финансовых средств, в том числе, необходимость модернизации и развития транспортных мощностей и связей.

Можно сказать, что важность и актуальность развития транспортной составляющей, как элемента экономической безопасности обусловлена ее значением в системе безопасности, участием показателей в формировании бюджетов различного уровня и национального дохода.

Структура производственного транспорта зависит от объема и типа продукции, схемы размещения. Со сменой номенклатуры продукции, применяемой технологии, меняется и

структура производственного транспорта.

Сложность взаимодействия элементов системы, состоит, в том числе, в разнице длительности технологических циклов и отдельных операций технологических процессов, применяемых способах и методах регулирования производственных и транспортных процессов и взаимосвязей [2].

Транспортная составляющая экономической безопасности интегрирована в производственную и финансовую, ее целесообразно оценивать количественно в долях или процентах от необходимого уровня, используя при этом показатели, характеризующие наиболее важные стороны финансового и технологического состояния СПС.

Посредством реализации разработанных специалистами моделей [7], учитывающих особенности и специфику транспортных связей, позволяющих в оперативном и перспективных режимах применять принципы адаптивного управления в производственном процессе, происходит повышение уровня ЭБ СПС.

На функционирования современных СПС имеют воздействие не только внутренняя оптимизация функций управления, но и интеграция внутри и между системами, взаимодействие с поставщиками и потребителями, осуществление транспортировки продукции. Применение математических методов исследования операций и процессов, разработки экономико-математических моделей, позволяющих оптимизировать управление по критериям стоимости, времени, доставки продукции необходимо для решения задачи обеспечения ЭБ СПС [8].

Список литературы

1. Минкин Д.Ю., Власова Т.В. Интеллектуальные ресурсы в системе обеспечения экономической безопасности сложных производственных систем // Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий ЧС: материалы Международной научно-практической конференция. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2019. С. 324-328.

2. Минкин Д.Ю., Власова Т.В. Транспортные процессы в управлении сложными производственными системами // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. С. 183-185.

3. Минкин Д.Ю., Терехин С.Н., Власова Т.В. Использование интеллектуальных систем управления в целях повышения устойчивости производственных систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 3 (31). С. 78-84.

4. Гурьянов А.В., Бабенков В.И. Военно-промышленная безопасность цепей поставок компонентов оборонно-промышленного комплекса // Электронный научный журнал. 2017. № 7 (22). С. 72-75.

5. Гурьянов А.В., Бабенков В.И. Концептуальные подходы адаптивного управления военно-промышленной безопасностью цепей поставок компонентов оборонно-промышленного комплекса // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 94-96.

6. Бабенков В.И., Гурьянов А.В., Чешина В.В. Экономико-математические модели параметров военно-экономической безопасности предприятия оборонно-промышленного комплекса // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских войск. 2016. № 2. С. 44-51.

7. Корнилов С.Н., Лукьянов В.А. Разработка методики интервального регулирования сложных производственно-транспортных систем. Магнитогорский государственный технический университет. 2015. – 295 с.

8. Ермошин Н.А., Лазарев Ю.Г. Многокритериальная оптимизация в задачах транспортного планирования // Технико-технологические проблемы сервиса. 2017. № 1 (39). С. 58-62.

УДК 681.5

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО МАСШТАБА

Черных Андрей Климентьевич *– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов*
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Предложен метод решения задачи распределения ограниченного целочисленного ресурса сил и средств транспортного обеспечения по объектам их применения. Новизна метода определяется постановкой указанной задачи в виде модели целочисленного программирования. Метод характеризуется устойчивостью вычислительной схемы к изменению размерности задачи, небольшим количеством проводимых итераций и его быстрой сходимостью к оптимальному решению, что определяет его эффективность.
Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, железная дорога, транспортное обеспечение, автоматизированные системы.

THE ISSUE OF SAFETY OF FUNCTIONING OF RAILWAY NETWORK IN CASE OF EMERGENCY ON A REGIONAL SCALE

Chernykh Andrey K. – DPhil, Associate Professor, Professor of the Department of retraining and advanced training of specialists
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. A method for solving the problem of distribution of a limited integer resource of forces and means of transport support on the objects of their application is proposed. The novelty of the method is determined by the formulation of this problem in the form of an integer programming model. The method is characterized by the stability of the computational scheme to a change in the dimension of the problem, a small number of iterations and its rapid convergence to the optimal solution, which determines its effectiveness.
Keywords: emergency, railway, transport provision, automated systems.

При широком использовании в управлении силами и средствами силовых структур в условиях их применения при чрезвычайных ситуациях регионального масштаба автоматизированных систем (АС), возникают новые подходы к решению «классических», с точки зрения предметной области, задач, связанные в первую очередь с резко возросшими возможностями вычислительной техники. При этом в рамках функционирования АС возможно как получение, ранее недоступных, оптимальных решений, так и существенное уменьшение продолжительности решения «классических» задач.

В результате проведённого прогнозирования определено, что в результате чрезвычайной ситуации регионального масштаба (ЧС) будет разрушен ряд объектов (их количество будет детализировано далее по тексту в рамках приведённого примера) трёх железных дорог, расположенных на территории региона, что не позволит осуществлять плановые пассажирские и грузовые перевозки по сети железных дорог региона.

Безопасность (живучесть) функционирования сети железных дорог в указанных условиях трактуется в рамках существующей системы технического прикрытия железных дорог [1], как минимизация продолжительности восстановления железных дорог за счёт проведения заранее определённого комплекса работ по повышению живучести железных дорог [1]. Поэтому оперативное восстановление сквозного движения по указанным железным дорогам (в дальнейшем – коммуникации), с точки зрения автора, является весьма актуальной задачей. Оперативность восстановления разрушенных железнодорожных объектов зависит от ряда

факторов, среди которых, в соответствии с требованиями, реализованными в рамках системы технического прикрытия железных дорог, наличие расположенных вблизи от железнодорожных объектов, строительно-восстановительных материалов и конструкций, и сил и средств восстановительных формирований (ВФ) министерств и ведомств; а также использование эффективных методов распределения ресурса сил и средств ВФ по объектам их применения и некоторые другие факторы.

В рамках указанных факторов рассмотрим задачу распределения ограниченного ресурса сил и средств транспортного обеспечения по объектам их применения, которая относится к числу «классических» задач, решаемых при ликвидации ЧС на железнодорожном транспорте.

Распределение сил и средств ВФ по объектам их применения является задачей класса сетевых задач оптимального распределения ресурсов [2-6]. Обычно эти задачи представлены в виде моделей: линейного, целочисленного и нелинейного программирования, а также сетевого планирования и управления. Любая из таких моделей имеет аналитическое решение. Решения их осуществляется на основе методов, трудоёмкость которых является экспоненциальной. Указанное обстоятельство не позволяет получить точное решение без использования АС в сжатые сроки, характерные для мероприятий, реализуемых в рамках ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Последнее приводит в большинстве случаев к необходимости упрощения таких задач посредством изменений, как целевых функций, так и состава их ограничений.

Выходом из указанного противоречия является подход к решению таких задач, предлагаемый в данной статье. Сущность этого подхода заключается в определении оптимального, с точки зрения выполнения требуемого объема работ указанного вида на заданных коммуникациях в установленные сроки, варианта расстановки сил и средств транспортного обеспечения по объектам технического прикрытия.

Задача нахождения оптимального варианта распределения сил и средств транспортного обеспечения по объектам технического прикрытия формулируется в виде следующей задачи нелинейного целочисленного программирования:

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in M_j} C_{rkj}\frac{P_{rkj}}{X_{rkj}} \to \min, \qquad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in M_j} X_{rkj} = N_r \qquad \text{для } \forall\, r, \qquad (2)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in M_j} P_{rkj} \geq N_r \qquad \text{для } \forall\, r, \qquad (3)$$

$$0 < X_{rkj} \leq P_{rkj} \qquad \text{для } \forall\, k, r, j, \qquad (4)$$

$$X_{rkj\,\mathrm{j}} - \text{целое число} \quad \text{для } \forall\, k, r, j, \qquad (5)$$

где: J – множество коммуникаций; O_{kj} – k-й объект технического прикрытия (ТП) j-ой коммуникации; M_j – множество объектов технического прикрытия j-ой коммуникации; C_{rkj} – приоритет O_{kj} по r-у виду восстановительных работ, число; P_{rkj} – фронт r-го вида восстановительных работ на O_{kj}, единиц; X_{rkj} – наряд восстановительных формирований (ВФ) r-го вида, выделяемых на O_{kj}, единиц; N_r – ресурс ВФ r-го вида, единиц.

Отметим, что предлагаемый ниже подход к решению задачи (1)-(5) успешно апробирован при решении ряда задач в МЧС и в МВД [7,8].

Дадим краткую содержательную характеристику задачи (1)-(5).

Целевая функция (1) минимизирует «недопоставку» ВФ на объекты ТП с учетом их приоритетов.

Ограничение (2) свидетельствует о том, что имеющийся в наличии ресурс ВФ должен полностью распределяться между объектами ТП.

Ограничение (3) фиксирует факт ограниченности ресурса имеющихся в наличии ВФ.

Ограничение (4) показывает, что наряды ВФ, выделяемые на объекты не могут превышать фронты восстановительных работ на объектах.

Наличие указанных ограничений позволило осуществить учёт специфики конкретной задачи (1)-(5) и разработать эффективный, прежде всего с точки зрения продолжительности расчетов в рамках АС, численный метод её решения.

Сущность предлагаемого метода заключается в регуляризации исходной целочисленной задачи (т.е. во временном отбрасывании условия целочисленности её переменных), нахождении решения её соответствующего нецелочисленного аналога и использовании его в дальнейшем для получения оптимального решения рассматриваемой задачи (1)-(5), В свою очередь, решение нецелочисленной задачи (1)-(4) также находится путём временного отбрасывания ограничительного условия (4), отыскания с помощью метода множителей Лагранжа решения задачи (I)-(3) и проверки его затем на удовлетворение всем принятым ограничениям исходной задачи выпуклого программирования (1)-(5).

Алгоритм решения задачи (1)-(5)

Шаг 1. Рассматривается упрощённая задача:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{c_i a_i}{x_i} \to \min, \qquad \sum_{i=1}^{n} x_i = G.$$

Вектор-решение $X^* = (x_1^*, x_2^*, ...x_n^*)$ указанной задачи состоит из компонент определяемых по формуле:

$$x_i^* = \frac{G\sqrt{c_i a_i}}{\sum_{j=1}^{n} \sqrt{c_j a_j}}. \qquad (6)$$

Шаг 2. Проверяется выполнимость ограничительных условий для найденных по формуле (6) компонент решения: $0 < x_i^* \le a_i$, $i = \overline{1,n}$. Для случая, когда компоненты удовлетворяют этим ограничениям – решение задачи (1)-(4) получено и необходимо осуществить переход на шаг 4. Если указанное обстоятельство не имеет места, то необходимо осуществить переход на шаг 3.

Шаг 3. Те из x_i^*, значения которых удовлетворяют условию $x_i^* > a_i$, полагаем равными a_i и рассматриваем задачу вида:

$$\sum_{i \in M} \frac{c_i a_i}{x_i} \to \min, \qquad \sum_{i \in M} x_i = G - \sum_{i \notin M} a_i,$$

для которой $M = \{i : i = 1,2,...n, x_i^* \le a_i\}$ Находим решение этой задачи по формуле (6) и осуществляем переход на шаг 2.

Шаг 4. В случае, когда все компоненты вектора-решения задачи (1)-(4) – X^* целочисленны, решение исходной задачи (1)-(5) найдено и необходимо осуществить переход на шаг 7. Если это не так, то осуществляем переход на шаг 5.

Шаг 5. Для случая, когда в векторе X^* отсутствуют целочисленные компоненты, осуществляем переход на шаг 6. В случае, когда у вектора X^* m (m<n) целочисленных ком-

понент, производим их отсечение и, перенумеровав оставшиеся нецелочисленные компоненты, получаем новый вектор $X^* = (x_1^*, x_2^*, ...x_n^*)$, в котором значение n заменяется на значение *n-m*. При этом значение *G* в ограничениях задачи (1)-(5) корректируем по формуле:

$$G = G - \sum_{j \in J} x_j^*, \text{ где } J = \left\{ j : x_j^* - \textit{целые} \right\}.$$

Шаг 6. Осуществляется вычисление значений $Z_i = \frac{c_i a_i}{\left[x_i^*\right]} - \frac{c_i a_i}{\left[x_i^*\right]+1}$ $i = \overline{1,n}$ и выбор N_1 максимальных из этих значений (при этом N_1 определяется по формуле $N_1 = G - \sum_{i=1}^{n} \left[x_i^*\right]$).

Тогда решением исходной задачи (1)-(5) будет вектор, в состав которого входят отсеченные на шаге 5 целочисленные компоненты, включающий N_1 компонент, имеющих значение $\left[x_i^*\right]+1$ и $(n - N_1)$ компонент – со значением $\left[x_i^*\right]$.

Шаг 7. Останов. Математическое доказательство предлагаемого в статье метода не приводится в силу ограниченного объёма статьи.

На основе разработанного метода, в среде программирования «Delphi», был создан программный продукт, иллюстрация работоспособности которого производится на исходных данных примера, приведенных в графах 1-5 таблицы.

Решение задачи нелинейного целочисленного программирования (1)-(5) – X_{rkj} (*r*-фиксировано; *k*=1,2,3,4,5; *j*=1,2,3), приведенное в графе 6 (таблица), является оптимальным в смысле минимизации целевой функции (1), значение которой равно величине 1040.

Таблица – Оптимальное решение задачи (1)-(5)

Номер объекта	Номер коммуникации	Трудоемкость работ, шт	Фронт работ, шт	Приоритет	Выделено ВФ, шт	Продолжительность восстановления объекта, сут	Продолжительность восстановления коммуникации, сут
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	15	3	100	3	5	
2	1	4	3	80	3	1,33	
3	1	5	2	90	2	2,5	
4	1	4	2	80	2	2	
5	1	4	4	90	3	1,33	
	1						5
6	2	3	2	30	1	3	
7	2	3	2	30	1	3	
8	2	3	2	30	1	3	
9	2	3	2	40	2	1,5	
10	2	3	2	30	1	3	
	2						3
11	3	8	3	50	2	4	
12	3	7	3	50	2	3,5	
13	3	3	2	40	2	1,5	
14	3	4	2	40	2	2	
15	3	5	3	40	2	2,5	
	3						4
Значение целевой функции = 1040							

В 7 и 8 графах таблицы приведены соответственно значения продолжительностей восстановления как отдельных объектов на коммуникациях, так и коммуникаций в целом.

Таким образом, реализация предложенного метода по исходным данным, представленным в таблице, свидетельствует о максимально возможной степени повышения безопасности функционирования сети железных дорог при ЧС регионального масштаба.

В заключение отметим, что в статье предлагается эффективный метод решения распределительной задачи большой размерности применительно к восстановлению функционирования сети железных дорог при чрезвычайной ситуации регионального масштаба.

Предложенный метод решения задачи распределения ограниченного целочисленного ресурса может одинаково успешно использоваться в широком диапазоне изменения значения n. Это объясняется устойчивостью вычислительной схемы метода к изменению размерности задачи, малым количеством проводимых итераций и его быстрой сходимостью к оптимальному решению. Так, из описания метода легко можно видеть, что количество итераций, требуемое для нахождения оптимального решения задачи (1)-(5), не превосходит n +1.

В качестве вывода отметим, что высокая скорость сходимости предлагаемого метода позволяет включить его в состав специального программного обеспечения автоматизированных систем, осуществляющих управления транспортными процессами.

Список литературы

1. Сизов Е.Б. Техническое прикрытие железных дорог: монография. – СПб: ВТУ ЖДВ РФ, 2004. – 158 с.

2. Ермольев Ю.М., Мельник И.М. Экстремальные задачи на графах. – Киев: Наукова думка, 1968. – 176 с.

3. Зуховицкий С.И., Радчик И.А. Математические методы сетевого планирования. – М.: Наука, 1975. – 296 с.

4. Михалевич В.С., Кукса А.И. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах распределения ресурсов. – М.: Наука, 1983. – 207 с.

5. Нечепуренко М. И., Попков В.К., Майнагашев С.В. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях. – М.: Наука, 1990. – 515 с.

6. Зайченко Ю.П. Исследование операций. – Киев: Вища школа, 1979. – 392 с.

7. Примакин А.И., Черных А.К., Яковлева Н.А. Применение методов математического моделирования для оптимизации распределения сил и средств полиции при осложнении оперативной обстановки // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2015. № 2 (66). С. 148-152.

8. Черных А.К., Буданов Д.С. Моделирование распределения сил и средств подразделений государственной противопожарной службы МЧС России на газотранспортной системе // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 4 (16). С. 24-31.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В АСПЕКТЕ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ

Гавкалюк Богдан Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Предложены оригинальные методы и модели расчетного контроля безопасной эксплуатации транспорта в контексте реализации новых принципов инструментальной проверки его технического состояния по критериям сертификации силовых установок в условиях производства и эксплуатации для стран Евроазиатского экономического партнерства.

Ключевые слова: метод, модель, транспорт, безопасность, критерий, сертификация.

IMPROVING METHODS FOR ENSURING THE SAFE OPERATION OF VEHICLES IN THE ASPECT OF DEVELOPING METHODOLOGICAL PRINCIPLES FOR INTERNATIONAL CERTIFICATION

Gavkalyk Bogdan V. – PhD, Docent of the department of fire, rescue and automobile equipment

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. Original methods and models of calculation control of safe operation of transport are proposed in the context of the implementation of new principles of instrumental verification of its technical condition according to the criteria of engine certification in production and operation for the countries of the Eurasian partnership.

Keywords: method, model, transport, safety, criterion, certification.

С 1 января 2015 года в Российской Федерации вошло в силу нормативного акта Решение Комиссии Таможенного Союза Евразийского Экономического Сообщества № 877 от 9 декабря 2011 года. Данным Решением был принят обязательный к исполнению документ, а именно Технический регламент таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» с индексом учета ТР ТС 018/2011 [1], в котором также был опубликован список редакционных изменений в документах, ранее действовавшего Решения Совета Евразийской экономической комиссии под № 6 от 30 декабря 2013 года.

Введение данного стандарта, регламентирующего процедуры и нормативы сертификации колесных транспортных средств перед выпуском их в обращение на территориях стран-партнеров до 1 июля 2016 года, допускало применение ранее действовавших нормативно-правовых актов, тем самым обеспечивая плавный переход, по сути, в новую неизвестную международную правовую среду. Выражалось последнее решение допущением возможности производства в странах-партнерах транспортных средств и продукции комплектующих изделий, ранее выпущенных в обращение в этот переходный период на срок их годности, то есть срок службы в пределах «жизненного цикла», установленного страной-членом.

Справедливости ради, нужно особо отметить, что требования, установленные документом ТР ТС 018/2011 уже были гармонизированы с Правилами Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (Правилами ЕЭК ООН), являвшимися, в первую очередь, обязательными для РФ в соответствии с международными документами [2] «Соглашения о принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний» заключенного в Женеве 20 марта 1958 года.

Гармонизация анализируемого документа распространялась также на, так называемые за рубежом, «Глобальные технические правила», принятые на основании «Соглашения о введении Глобальных технических правил для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах», заключенного позднее в Женеве 25 июня 1998 года, и, так называемых за рубежом, «Предписаний», принимаемых в соответствии с требованиями «Соглашения о принятии единообразных условий для периодических технических осмотров колесных транспортных средств и о взаимном признании таких осмотров», заключенного ранее в Вене 13 ноября1997 года.

На основании отмеченного следует сделать положительный вывод о том, что РФ в составе страны-члена Евразийского экономического союза сохранила и обеспечила на обозримый период за собой право быть суверенной и открытой страной для реализации в отечественном автомобилестроении передовых технологий конструктивной безопасности, как в сфере производства, так и эксплуатации колесных транспортных средств.

С введением 1 января 2002 года ГОСТ Р 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки» (в настоящее время данный ГОСТ утратил силу в связи со вступлением к использованию ГОСТ 33997-2016 [3]), постепенно, к 2006 году в России завершился переход государственной системы проверки технического состояния автотранспорта в эксплуатации на инструментальные процедуры контроля. Тем самым, РФ, по сути, вступила на дорогу реализации европейских требований в области инструментального контроля технических нормативов конструктивной безопасности колесных транспортных средств (рисунок 1) в эксплуатации (ранее действовавшего документа TRANS/WP.29/78/Rev.1 от 11 августа 1997 года в форме Приложения 7 к нему).

С точки зрения ведомственных задач Министерства чрезвычайных ситуаций РФ упомянутые стандарты призваны осуществлять контроль (по известной классификации) «быстрых» чрезвычайных ситуаций, к которым, к примеру, следует отнести дорожно-транспортные происшествия, одновременно с «медленными» чрезвычайными ситуациями, к которым относится сверхнормативное загрязнение воздушной среды вредными веществами отработавших газов автомобильных двигателей и внешним шумом. Здесь имеется в виду ранее упомянутый ГОСТ 33997-2016 [3] «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки».

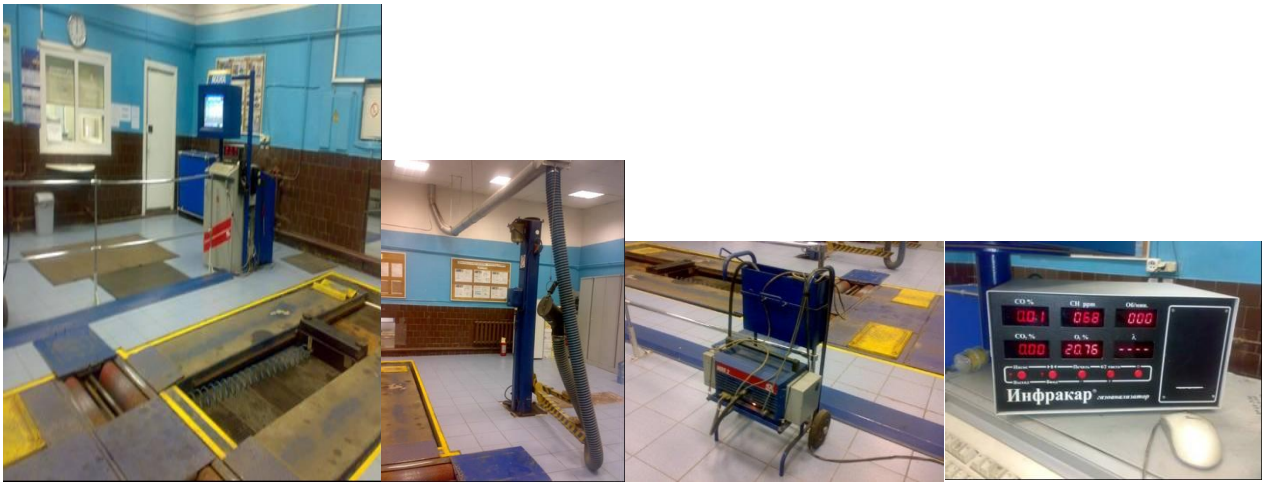


Рисунок 1 – Станция инструментального контроля технического состояния легковых автомобилей в Институте безопасности дорожного движения СПбГАСУ

Проанализированные стандарты развивались в соответствии с Федеральными Законами №219-ФЗ от 21 июля 2014 года «Об охране окружающей среды» и №96-ФЗ от 4 мая 1999 года «Об охране атмосферного воздуха», направленные на минимизацию всех составляющих негативного воздействия транспорта на человека и среду его обитания (рисунок 2).

Не смотря на выше отмеченные беспрецедентные меры законодательного и инструментально-технологического регулирования безопасности эксплуатации колесных транспортных средств в России, мы можем, к сожалению, пока констатировать достижение весомых положительных результатов в решении проблемы оздоровления воздуха в городах России. Это стало возможным благодаря существенному обновлению парка транспортных средств и перевода его эксплуатации на топливо, по сути, – европейского качества [4]. Динамика дорожно-транспортных происшествий на территории России пока остается неутешительной.

а)

б)

Категории ущерба	Ущерб, ЕВРО
Госпитализация	6600
Посещение специализированных лечебных кабинетов	187
Бронхит у взрослых	138
Ограничение активности	62
Астма	31
Симптомы слабых реакций	6,3

Рисунок 2 – Факторы чрезвычайно опасного влияния автотранспорта на человека и окружающую среду
а) быстрые ЧС: ДТП 16.05.2015 г. в Приморском районе (слева) и 07.02.2015 г. в Красногвардейском районе (справа) – Санкт-Петербург; б) медленные ЧС негативного влияния загрязняющих веществ от автотранспорта на здоровье городского населения и изменение климата

Для осуществления контроля загрязнения атмосферного воздуха поллютантами колесных транспортных средств нами предлагается использовать, утвержденный в установленном Российским законодательством порядке, документ «Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга» (в редакции от января 2019 года), поскольку именно он по инструментальным данным обследования структуры автотранспортных потоков и их интенсивности, позволяет рассчитать эмиссию опасных веществ отработавших газов автотранспорта для пяти условных категорий [5] по формуле (1)

$$M_{Li} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^L \cdot G_k \cdot r_{Vk,i}. \text{ , где} \quad (1)$$

$M_{k,i}^L$ – величина удельного пробегового вредного выброса автотранспортными средствами определенной k-й группы i-го вещества, г/км;

k – значение количества групп автотранспортных средств;

G_k – значение фактической наибольшей интенсивности движения, то есть количество автотранспортных средств каждой k-й группы, которые проходят через фиксированное сечение исследуемого участка автодороги за определенное время (20 минут) для двух направлений и для всех полос движения, шт;

$r_{Vk,i}$ – величина поправочного коэффициента, который учитывает значение средней скорости движения автотранспортного потока $V_{k,i}$ на исследуемой автомобильной дороге (или на определенном ее участке);

L – значение протяженности автомобильной дороги (или исследуемого участка), км.

Выполнить оценку для вредных выбросов опасных веществ. При этом обследованию подлежат пять категорий автотранспортных средств

Как было только что отмечено, расчеты предлагается выполнять по пяти условным группам автотранспорта [5]:

I − легковые (Л);

II − автофургоны и микроавтобусы до 3,5 тонн (АМ);

III − грузовые от 3,5 до 12 тонн ($Г_{\leq 12}$);

IV − грузовые свыше 12 тонн ($Г_{>12}$);

V − автобусы свыше 3,5 тонн ($А_{>3,5}$),

По веществам, квалифицируемым как опасные, в соответствии с действующим в России законодательством [6]:

- выбросы оксида углерода (CO);
- выбросы оксидов азота (NOx);
- выбросы углеводородов (CH);
- сажа;
- выбросы диоксида серы (SO_2);
- выбросы формальдегида;
- выбросы бенз(а)пирена.

Разработанный с участием автора настоящей статьи метод предназначен для расчета максимальных разовых, за 20-минутный период времени, выбросов в атмосферу транспортными средствами вредных (загрязняющих) веществ для последующего соотнесения численных значений расчетных концентраций, полученных с использованием модели атмосферной диффузии в стратифицированной атмосфере (2) [4,5]:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^{3} u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^{3} \frac{\partial}{\partial x_i} K_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \alpha q \text{ , где} \qquad (2)$$

q – рассчитываемая примесь;

x_i – координаты примеси, в дальнейшем обозначаются через x, y, z;

u_i – скорость ветра по x, y, z;

K_i – составляющие средней скорости перемещения примеси и коэффициента обмена, относящиеся к направлениям оси x_i (i = 1, 2, 3);

α – коэффициент, определяющий изменение концентрации за счёт атмосферного метаболизма (превращения примеси), с $ПДК_{МР}$ [6].

Выводы.

1. На основе анализа методических принципов международной сертификации транспортных средств по документу ТР ТС 018/2011 усовершенствованы методы и процедуры расчета загрязнения атмосферы городов поллютантами колесных транспортных средств в условиях эксплуатации.

2. Целесообразно организовать работы по внедрению разработанных методов в повседневно практику контроля и мониторинга качества воздушной среды городов силами и средствами МЧС России.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от

09.12.2011 № 877 URL: http://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_125114/ (дата обращения 14.09.2019).

2. Emission Standards Reference Guide for On-road and Nonroad Vehicles and Engines. URL: https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide. URL: https://www.missioncriti calmagazine (дата обращения 14.09.2019).

3. ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки». URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/64811/ (дата обращения 14.09.2019).

4. Lozhkin V., Lozhkina O., Dobromirov V. A study of air pollution by exhaust gases from cars in well courtyards of Saint Petersburg / Thirteenth International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (SPbOTSIC 2018) // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. P.453-458.

5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (введено в действие письмом Минприроды РФ № 05-12-47/4521 от 29.03.2012г.), СПб. 2012г. URL: http://docs.cntd.ru/document/902362499 (дата обращения 14.09.2019).

6. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Издание восьмое, переработанное и дополненное. СПб, 2015 URL: https://standartgost.ru/g/pkey-14293755294 (дата обращения 14.09.2019).

УДК 004.932.2

АРХИТЕКТУРА ТРАНСПОРТНОЙ ВИДЕОСИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Фахми Шакиб Субхиевич *– доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

профессор кафедры систем автоматизированного проектирования

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Шаталова Наталья Викторовна *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Крюкова Марина Сергеевна *– преподаватель кафедры теории и управления физической подготовки и спорта*

Военный институт физической культуры

Хасан Язид Абдулхамид *– аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования*

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе предложены параллельные алгоритмы и архитектура транспортной видеосистемы кодирования и декодирования на основе полигонально-рекурсивного метода нахождения опорных точек объектов изображений. Предлагаемая архитектура вычислительной системы основана на использовании: во-первых, управляющего процессора для организации последовательности кадров и последующего этапа разбиения; во-вторых, процессора- диспетчера для обеспечения загрузки всех элементарных процессоров без простоя. Получены значения основных параметров вычислительной системы приёма и анализа изображений на основе предложенного метода.

Ключевые слова: параллельные алгоритмы, кодирования и декодирования изображений, опорные точки, архитектура вычислительной системы.

THE TRANSPORT VIDEO SYSTEM ARCHITECTURE FOR IMAGES ANALYSIS AND TRANSMISSION

Fahmi Shakeeb S. – Dr.Tech.Sc, docent, Leading researcher
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
Professor of Department of Computer Aided Design
Saint Petersburg Electrotechnical University LETI
Shatalova Natalya V. – Ph.D., Leading Researcher of Laboratory of the organization of transport systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
Krukova Marina S. – teacher of the Department of theory and management of physical training and sports Military Institute of physical culture
Hasan Yazeed Abdulhamid – postgraduate of Computer Aided Design
Saint Petersburg Electrotechnical University LETI

Abstract. The paper proposes parallel algorithms and architecture of the transport video encoding and decoding system based on the polygonal-recursive method of finding reference points of image objects. The proposed architecture of the computer system is based on the use of: first, the control processor to organize the sequence of frames and the subsequent stage of splitting; secondly, the processor-Manager to ensure the loading of all elementary processors without downtime. The values of the main parameters of the computer system for receiving and analyzing images are obtained on the basis of the proposed method.

Keywords: parallel algorithms, image encoding and decoding, reference points, computer system architecture.

В настоящее время прослеживается тенденция развития систем технического зрения и методов обработки изображений в транспортных системах наблюдения. Цифровой анализ позволяет быстро обнаруживать, измерять и классифицировать объекты транспорта для обеспечения безопасности и контроля функционирования транспортных сетей мегаполиса. Существует множество публикаций, связанных с разработкой интеллектуальных транспортных систем для анализа данных различной природы путем компьютерной обработки изображений. Основные подходы к решению таких задач представлены в статьях [1-3].

Основа методологии проектирования систем на кристалле (СнК) – это разработка сложно-функциональных блоков (СФ-блоков – англ. аналог Intellectual Property cores IP-core) в качестве компонентов СнК и возможности их многократного использования в рамках какого-либо проекта. По аналогии с системой на плате, где в качестве компонентов выступают готовые микросхемы, СнК конструируется из повторно используемых СФ-блоков. СФ-блоки могут быть двух типов: программные (soft), разработанные на C++, и аппаратные (hard) – на Verilog языке описания схем.

Несмотря на постоянное повышение быстродействия и сложность программируемых СнК, построение систем обработки изображений и распознавания образов в реальном масштабе времени сопряжено с преодолением ряда проблем. В работе [2] показано, что быстродействие вычислительной системы для обработки видеопотока должно быть пропорциональным размеру изображения, для телевизионного формата оно превышает мощность одного компьютера примерно в 25-30 раз. Для решения этой проблемы, в данной статье, были разработаны параллельные алгоритмы, позволяющие реализовать такую систему, при этом каждый из элементов системы выполняет свою операцию по обработке изображения и распознавания образов. Для управления приёмом последовательности кадров и выполнения первичной обработки видеопотока используется управляющий процессор, а для анализа и распознавания объектов используются процессор-диспетчер и множество элементарных

процессоров в виде сложно-функциональных блоков (СФ-блоков) в составе транспортной многопроцессорной видеосистемы на кристалле (ТМВСнК) [3].

В работе решается задача разработки параллельных алгоритмов и архитектуры ТМВСнК для анализа и передачи видеоинформации на основе ПРМ с использованием технологии «система на кристалле».

Построение параллельных алгоритмов ТМВСнК

Рекурсивный параллелизм может использоваться, когда в программе есть одна или несколько рекурсивных процедур, и их вызовы независимы, т.е. каждый из них работает над своей частью общих видеоданных. Рекурсия является одной из фундаментальных парадигм в логических и функциональных языках программирования (рисунок 1).

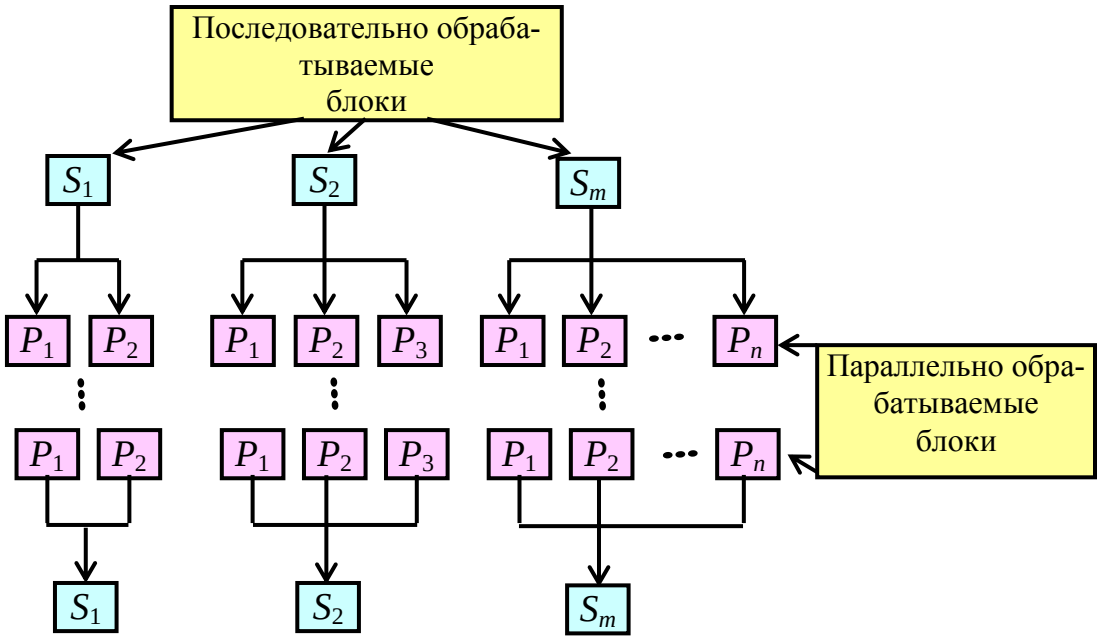


Рисунок 1 – Параллельные структуры рекурсии

Рекурсия является основой полигонально-рекурсивного метода (ПРМ), т.к. включает в себя рекурсивную процедуру разбиения изображения на полигоны $P_1 \cdots P_z$ (рис 1а), где z – число полигонов после разбиения изображения [4]. Далее каждый полигон в свою очередь обрабатывается и разбивается на последующие полигоны меньшего размера. Обработка полигона заключается в вычислении статистических характеристик (среднеквадратическое отклонение, радиус корреляции, дисперсия и т. д.) полигона. Очевидно, что количество шагов последовательного вычисления рекурсии имеет порядок n, а параллельного $logk$, где k – общее число полигонов.

Алгоритмы кодирования (рисунке 2*а*) и декодирования (рисунке 2*б*) видеоинформации заключаются в сегментации на области путём использования ПРМ, который обеспечивает иерархическое разбиение исходного изображения. Информационное поле в случае применения пирамидальных структур описывается упорядоченной последовательностью изображений, располагаемых обычно одно над другим [5]. Оптимальное число полигонов (z=3) после разбиения было доказано математически в [6].

При таком представлении изображение разбивается на определенные блоки, затем процедура разбиения повторяется для каждого блока до тех пор, пока его размер не станет равным размеру элемента исходного изображения. Каждому блоку приписывается значение яркости или цвета. По завершении процесса получается набор изображений, каждое из которых состоит из блоков определенной величины (полигоны). Эти изображения последовательно уточняют друг друга и сходятся к исходному изображению. Построение пирамиды

может идти и обратным путем – от низших уровней к высшим. Полигональное представление предполагает некоторый закон перехода от одного уровня пирамиды к другому [7].

Процесс аппаратной реализации параллельной ТМВСнК на основе технологии «система на кристалле» включает три этапа:

1. Разработка параллельной схемы функционирования системы.
2. Аналитические исследования параметров системы.
3. Оценка производительности системы.

В большинстве случаев выполнение каждого из этих этапов оказывает влияние на два других. Выбор структурной организации систем основывается на учете возможностей распараллеливания решаемых задач (параллельный процесс подсказывает целесообразную структуру системы). С другой стороны, построение требует наглядного представления динамики протекания параллельных процессов в системах с рекурсивной обработкой.

Разработка параллельной схемы функционирования системы

Распараллеливание алгоритмов кодирования и декодирования видеоинформации осуществляется следующим образом. Трудоемкие функции анализа (параллельные блоки 4-7, рисунок 2) текущего полигона передаются элементарным процессорам, реализованных в виде сложно-функциональных блоков (СФ-$Б_{элм.}$) в составе ТМВСнК, а выполнение функций управления, синхронизации и передачи (или приёма) управляющему процессору (СФ-$блок_{упр.}$), а функции организации очереди и формирование новых заданий процессору-диспетчеру (СФ-$блок_{дп.}$).

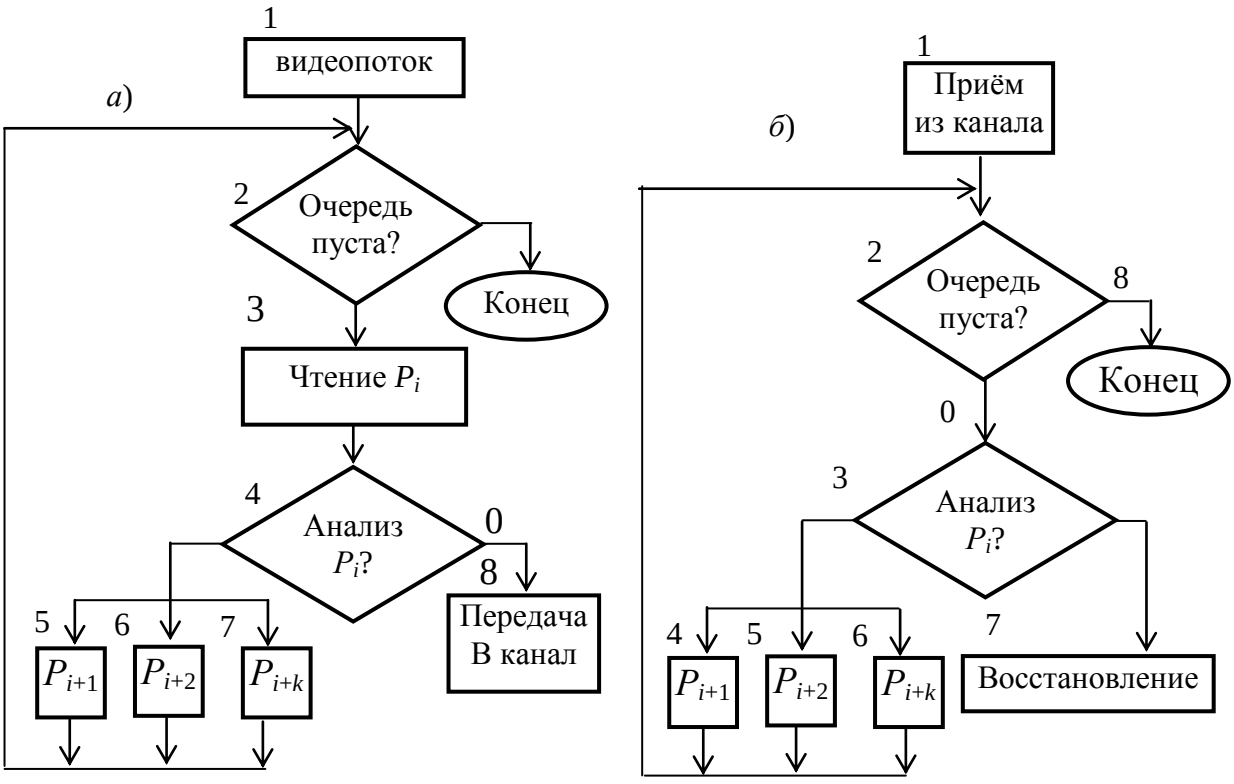


Рисунок 2 – Алгоритмы кодирования а) и декодирования б) на основе ПРМ

Взаимодействие СФ-блоков (рисунок 3) осуществляется посредством передачи сообщений через два буфера межпроцессорной связи $FIFO_1$ (буфер заявок Pi содержащий информацию о полигонах), $FIFO_2$ (буфер очереди заданий для параллельной обработки). Такая организация межпроцессорной связи минимизирует общее время выполнения задания (анализ полигона на разбиение), так как наличие очереди заданий ($FIFO_2$) на обслуживание является оптимальным средством управления загрузкой СФ-Бэлм, в которых выполняется наибольшая часть вычислений.

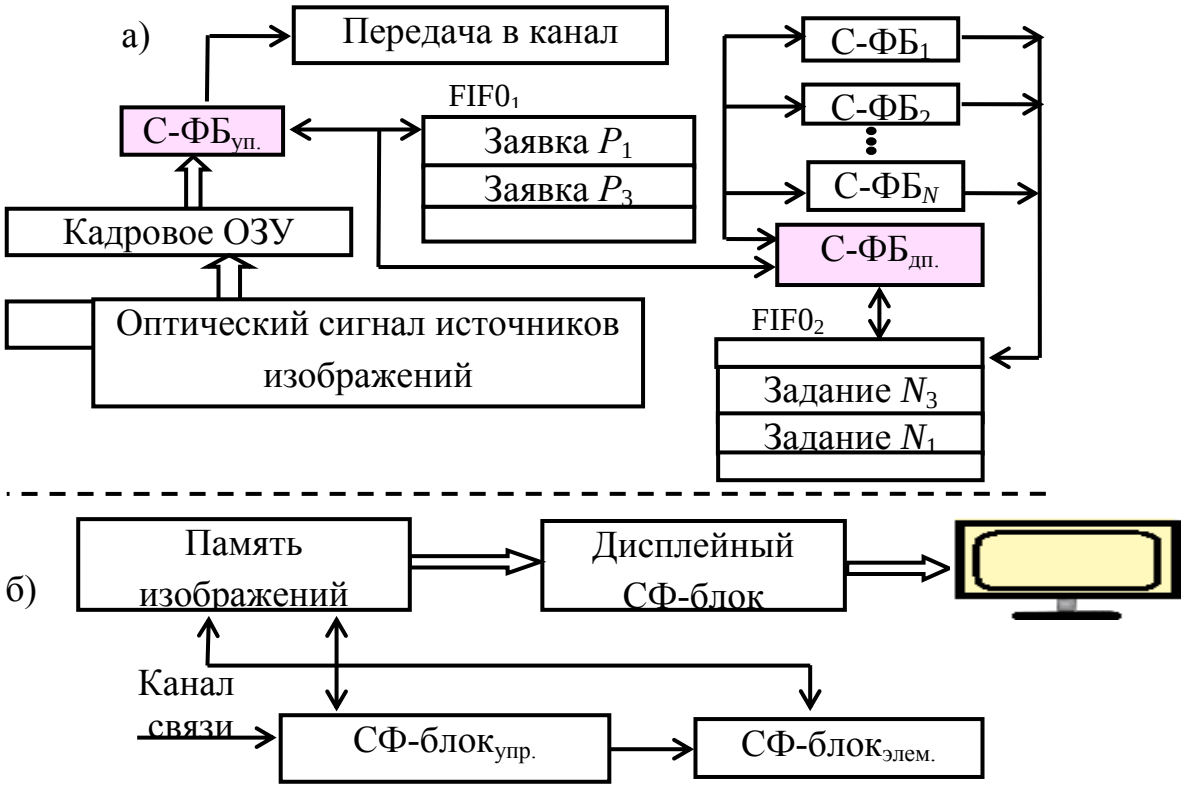


Рисунок 3 – Схема аппаратно-программных средств а) кодирования и б) декодирования системы РОВ

Архитектура транспортной видеосистемы на кристалле

Интеллектуальные камеры состоят из трех основных блоков: захвата, анализа и связи [8]. Чувствительный блок СФ-блок$_{упр}$ отвечает за захват изображения и может также выполнять предварительную обработку перед выполнением основной задачи (задач) обработки – формирование заданий для анализа и, следовательно, является мозгом смарт-камеры. Блоки обработки видеоданных содержат СФ-блок$_{дп}$ и элементарные процессоры (СФ-блок$_{эл.}$), а также СФ-блок связи, используемый для межпроцессорных и внутрипроцессорных коммуникаций и перемещения данных. Последний блок является блоком связи, который отвечает за передачу обработанных / абстрагированных данных на устройства вывода, где конечный пользователь может их использовать. Эти три блока вместе составляют архитектуру ТМВСнК.

Обработка одного задания (т. е. анализ на разбиение полигона) включает операции обращения к памяти для записи и для чтения [9]. Обозначим через T_1 среднее время цикла анализа одного пикселя, в котором выполняется чтение из памяти, через N_1 – среднее число таких циклов в процессе обработки одного задания, а через T_2 – среднее время цикла анализа одного пикселя с записью в память и N_2 – среднее число таких циклов в процессе обработки одного задания.

Очевидно, что среднее время обработки одного задания t_1 определяется временем анализа каждого пикселя: $t_1 = f(T_1,T_2)$.

Примем, что $t_1 = N_1T_1 + N_2T_2$, тогда время обработки одного кадра в подсистеме сжатия: $t = t_1N_3/n$, где, n – число СФ-блоков, предназначенных для выполнения трудоемкой операции анализа полигона на разбиение, N_3 – среднее число заявок (заданий) при обработке одного кадра изображения, которое вычисляется следующим образом:

$N_3 = d_N$, где N – число записей в буфер заявок, определяемое в результате моделирования параллельного алгоритма, d – число заявок (полигонов, на которые разбивается текущий полигон).

Определим усредненное время выполнения одного цикла с обращением в общую память (при чтении и записи): $T_{ср} = f(N_1,N_2,T_1,T_2)$, где $T_{ср}=t_1/(N_1+N_2)=(N_1 \cdot T_1+N_2 \cdot T_2)/(N_1 + N_2)$.

Теперь можно определить оптимальное количество СФ-блоков для обеспечения максимальной загрузки всех процессоров и памяти: $n_{опт.} = T_{ср}/T_{on}$, где: T_{on} – время обращения в память [10,11].

Подставим выражения t_1 и $n_{опт.}$ в выражение t, получим: $t=t_1N_3/n =(N_1T_1 + N_2T_2)\cdot d_N/n$.

Это выражение справедливо при соблюдении баланса в с ТМВСнК, т. е. все процессы максимально загружены и отсутствуют конфликты при обращении в общую память.

По результатам моделирования можно оценить N_1 и N_2: $N_1=N_a/N_3$, где: N_a – число обращений в память для чтения при обработке одного задания.

$N_2=MR_i \times PR_i/N_3$, где: MR_i – количество полигонов размера i, PR_i – периметр i –ого полигона.

Значение этих параметров определяются в зависимости от размера полигона, например, при $i = 1$ $PR_1=512$, при $i=2 \Rightarrow$ $PR_2=384$ и т. д. получим, что время обработки одного кадра изображения в условиях баланса времени равно: $t=T_{on}(N_a+\Sigma MR_i \cdot PR_i)$.

Таким образом, пропускная способность зависит от скорости памяти и от числа обращений в память. При отсутствии баланса в системе время обработки одного кадра изображения вычисляется следующим образом: $t_p=(t \times n)/n_p$, где: n_p – реальное число элементарных СФ-блоков в системе.

Производительность системы определяется следующим выражением: $n=1/t$.

Следовательно, производительность линейно возрастает с увеличением количества элементарных процессоров СФ-блоковэлм. Однако, когда количество элементарных СФ-блоков становится больше, чем определено для сбалансированной системы, то рост производительности прекращается. Это происходит из-за ограничения, вносимого временем задержки памяти. Поэтому дальнейшее улучшение производительности возможно лишь при использовании более быстродействующей памяти.

При моделировании подсистемы кодирования изображения получены следующие данные (например, для изображения типа «портрет»), являющиеся исходными для расчета производительности:

– число обращений к памяти для чтения N_a = 185452;

– количество записей в буфер заявок N = 11028;

– каждый полигон разбивается на два полигона z = 2;

– время выполнения одного цикла чтения из памяти по параллельному алгоритму на ARM процессоре, входящего в состав ТМВСнК T_1 = 7,2 мкс;

– время выполнения одного цикла с записью в память по параллельному алгоритму на СФ-блок$_{эл}$ T_1 = 10,2 мкс.

Тогда общее число заявок равно N_3 = 2*11028 = 22056, количество циклов с обращением для записи в память N2 = 3,59. Следовательно, время сжатия одного кадра изображения: $t = T_{on}(185452 + 79688) = 264540T_{on}$.

При T_{on} = 200 нс, t = 52900 мкс = 53 нс. Это соответствует производительности системы 36 кадров в секунду.

Среднее время на выполнение анализа одного пикселя:

$$T_{ср} = ((8/4)4T_1 + 3,59T_2)/11.99 = (60480 + 36618)/11,99.$$

Приближенное значение этого параметра равной 5,3 нс. следовательно число СФ-ФБ$_{элм.}$ в сбалансированной системе – 13.

Таким образом, получены следующие оценки параметров ТМВСнК:

– количество процессоров при балансе для среднего времени обращения к оперативной памяти T_{on} = 200 нс на базе технологии «система на кристалле» равной 13;

– производительность системы при полной загрузке всех процессоров составит 33-36 кадров в секунду.

В заключении отметим следующие основные выводы:

– предложенный новый способ распараллеливания обработки видеоинформации, включающий три типа взаимодействующих процессоров (управляющий, диспетчер и элементарный) на основе декомпозиции неперекрывающихся полигонов, позволяет динамически балансировать загрузку всех процессоров и обеспечивает отказоустойчивость работ при обращении к общей памяти изображений;

– иерархическая декомпозиция изображения обеспечивается рекурсивной пирамидой, что позволяет получать различные сегментации на уровнях иерархии с различными уровнями разрешения. Применение нескольких уровней разрешения дает возможность адаптации к характерным свойствам изображения: более гладкие области могут быть представлены при помощи меньшего числа пикселей (на верхних уровнях пирамиды), чем те, в которых необходима большая детализация (на нижних уровнях пирамиды);

– адаптация алгоритмов систем с полигонально-рекурсивной обработкой реализуется на основе итерационной процедуры, позволяющей в интерактивном режиме выделять объект при наилучшем разрешении для любых его статистических характеристик.

Список литературы

1. Дюк В.А., Малыгин И.Г. Применение логических алгоритмов распознавания типов автомобилей в системах технического зрения при низком качестве изображений // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной-научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 276-279.

2. Березин В.В., Фахми Ш.С., Цыцулин А.К. Начальный этап проектирования видеосистем на кристалле // Оптический журнал. 2012. Т. 79. № 11. С. 76-83.

3. Фахми Ш.С., Еид М.М., Бобровский А.И. Систематизация алгоритмов нахождения и кодирования опорных точек изображений // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2017. № 3. С. 15-20.

4. Фахми Ш.С, Умбиталиев А.А., Цыцулин А.К., Шипилов Н.Н., Ибатуллин С.М., Ибатулин В.Ф. Способ кодирования и декодирования видеоинформации на основе трехмерного дискретного косинусного преобразования // патент на изобретение RUS 2375838 19.11.2008.

5. Цыцулин А.К., Фахми Ш.С., Зубакин И.А. Начальный этап проектирования кодера источника непрерывного сигнала // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2010. № 2. С. 17-34.

6. Фахми Ш.С., Бобровский А.И., Еид М.М., Костикова Е.В., Салем А., Алмахрук М.М. Выделение и хранение опорных точек изображений на основе динамических рекурсивных структур // Вопросы радиоэлектроники. 2016. № 3. С. 99-107.

7. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. С. 187-193.

8. Цыцулин А.К., Фахми Ш.С. Видеосистемы на кристалле: новые архитектурные решения в задачах обработки видеоинформации // Датчики и системы. 2011. № 4. С. 58-61.

9. Бобровский А.И., Еид М.М., Алмахрук М.М., Салем А., Фахми Ш.С. Информационные показатели качества устройств кодирования изображений по опорным точкам// Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2016. № 3. С. 86-91.

10. Фахми Ш.С. Пирамидально-рекурсивный метод кодирования и декодирования видеоинформации // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2007. № 2. С. 43-51.

11. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. С. 187-193.

УДК 004.932.2

ТРАНСПОРТНАЯ ВИДЕОСИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ: МЕТОД И ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ

Фахми Шакиб Субхиевич *– доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук
профессор кафедры систем автоматизированного проектирования
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Крюкова Марина Сергеевна *– преподаватель кафедры теории и управления физической подготовки и спорта*
Военный институт физической культуры
Хасан Язид Абдулхамид *– аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования*
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Интенсивный прогресс в области микроэлектроники за последнее время привел к появлению принципиально нового класса репрограммируемых систем на кристалле. Сложность разработки их компонентов для распознавания образов, в частности транспортных средств, заключается в отсутствии современных средств синтеза и анализа сложной видеоинформации от нестационарных источников. Предлагаются метод и аппаратно-программные средства для реализации видеосистем ввода, анализа и передачи изображений в реальном времени на базе платформы с встроенным ПЛИС Cyclone V и высокоскоростного USB 3 контроллера.

Ключевые слова: обнаружение, распознавание, видеосистема на кристалле, Cyclone V, высокоскоростной USB порт.

THE VIDEOSYSTEM ON CHIP TRANSPORT: METHOD AND TECHNOLOGY OF RECOGNITION

Fahmi Shakeeb S. – Dr.Tech.Sc, docent, Leading researcher
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
Professor of Department of Computer Aided Design
Saint Petersburg Electrotechnical University LETI
Krukova Marina S. – teacher of the Department of theory and management of physical training and sports Military Institute of physical culture
Hasan Yazeed Abdulhamid – postgraduate of Computer Aided Design
Saint Petersburg Electrotechnical University LETI

Abstract. Intensive progress in the field of microelectronics has recently led to the emergence of a fundamentally new class of reprogrammable systems on a chip. The complexity of the development of their components for pattern recognition, in particular vehicles, is the lack of modern means of synthesis and analysis of complex video information from non-stationary sources. The method and hardware and software for the implementation of video input systems, analysis and transmission of images in real time on the basis of the platform with built-in FPGA Cyclone V and high-speed USB 3 controller are offered.

Keywords: detection, recognition, on-chip video system, Cyclone V, high-speed USB port.

Интеллектуализация транспортных средств (ТС) и транспортных инфраструктур является одним из самых эффективных инструментов снижения дорожно-транспортных происшествий [1].

Проблема выделения объектов от фона в естественной или искусственной обстановке и последующего распознавания всегда находилась в ряду самых приоритетных задач для исследователей, работающих в области систем машинного зрения и искусственного интеллекта. Тем не менее, множество исследований, проводящихся в ведущих научных центрах всего мира в течение нескольких десятилетий, так и не привело к созданию реально работающих систем компьютерного зрения, способных обнаруживать и распознавать объекты в любых условиях [2].

Серьезной проблемой, стоящей перед проектировщиками систем компьютерного зрения, и в частности на транспорте, является большая изменчивость визуальных образов, связанная с изменениями освещенности, окраски, масштабов, ракурсов наблюдения. Кроме того, транспортный сюжет имеет специфические характеристики, связанные с условиями помеха и шума, что приводит к существенной изменчивости изображений одного и того же транспортной картинки. Однако наиболее сложной задачей компьютерного зрения является проблема устранения неоднозначности, возникающей при проектировании трехмерных объектов реального мира на плоские изображения. Цвет и яркость отдельных пикселов на изображении также зависит от большого количества трудно прогнозируемых факторов. В число этих факторов входят [3]: число и расположение источников света; цвет и интенсивность излучения; тени или отражение от окружающих объектов.

Задача обнаружения объектов на изображении осложняется также огромным объёмом данных, содержащихся в изображении. Изображение может содержать тысячи пикселов, каждый из которых может иметь важное значение. Полное использование информации, содержащейся в изображении, требует наличия современной технологий с гибко-настраиваемой конфигурацией и анализа каждого пиксела на принадлежность его объекту или фону с учетом возможной изменчивости объектов. Такой анализ может потребовать высоких затрат как в требуемой памяти, так и в количестве вентилей ПЛИС.

Решение этой проблемы лежит в правильном выборе описания объектов, для обнаружения и распознавания которых создается система. Описание объекта должно учитывать его наиболее характерные особенности в виде опорных точек, отличающие его от остальных элементов окружающей сцены. Чтобы избежать субъективности при выборе нужного описания, необходимо использовать методы автоматического выбора подходящих характеристик объекта, которые реализуются на этапе обучения в комбинированных алгоритмах. В то же время существует ряд параметров в описании объекта, которые в настоящее время разработчик должен учитывать при создании систем обнаружения и распознавания. К таким параметрам относятся [4]:

– 2D и 3D-представления фона и объекта. При этом 3D- алгоритмы, в отличие от 2D требуют большого числа различных описаний, соответствующих представлению объекта в различных условиях наблюдения;

– взаимосвязанность элементов, описывающих объект и фон;

– признаки объекта (форма, размер, объем, цвет и.т.д.), описывающие специфику объекта и его характеристики.

В самом общем случае алгоритм решения задачи обнаружения и идентификации требуемого объекта состоит из следующих шагов:

– обнаружение факта присутствия требуемого объекта на анализируемой сцене;
– выделение опорных точек объекта;
– определение и выделение характерных признаков объекта;
– определение ракурса наблюдения объекта;
– формирование сжатого описания опорных точек объекта;
– сравнение с эталонами и идентификация.

В зависимости от конкретных условий структура и реализация отдельных шагов алгоритма могут различаться. Важным является использование максимально доступной информации для достижения удовлетворительных результатов в сложных ситуациях изменения обстановки с большим потоком входных видеоданных.

Алгоритмы должны уметь эффективно отсекать статические и медленно изменяющиеся элементы сцены, работать в различных условиях освещенности, опознавать объект под различными ракурсами, отслеживать передвижение множества людей и автоматически выбирать момент, подходящий для выполнения идентификации данного объекта (например, когда можно получить фронтальное изображение транспортного средства с достаточным разрешением). Для обеспечения таких возможностей алгоритма необходимо иметь:

а) многопроцессорные реконфигурируемые сложно-функциональные блоки, включающие многокамерный обзор и анализ сцены с возможностью выделения двумерных и трёхмерных опорных точек объекта;

б) скоростной ввод видеопотока для фильтрации элементов сцены по параметрам движения;

в) использование цвета для выделения элементов сцены;

г) соответствующие аппаратные коммуникационные компоненты для реализации быстрых алгоритмов преобразования и хранения признаков объекта;

д) наличие блоков памяти в виде набора SD-карт с последовательным и параллельным обменом.

Кроме того, необходимо наличия видеокамеры с параллельным вводом изображений, с высоким разрешением и хорошей оптикой для обеспечения работы системы с большой дальностью [5].

Выбор метода, используемого для обнаружения и идентификации объекта на изображениях зависит от конкретных условий его применения. Например, с задачей распознавания ТС в строго ограниченных условиях наблюдения легко справляется многослойная нейронная сеть. В то же время проблема обнаружения конкретной модели ТС в условиях интенсивного движения и тумана требует применения комбинированных методов, отсекающих случаев ложных тревог. В этом случае потребуется многоуровневая система, содержащая множество анализаторов, работающих в разных признаковых пространствах, с повышенной интеллектуальной системой принятия решений.

Ниже представлен обзор по существующим методам обнаружения и идентификации объектов изображения. В обзор включались только те методы, которые, по мнению авторов, наиболее широко используются в современных алгоритмах обнаружения.

При всем многообразии различных алгоритмов и методов распознавания изображений, типичный метод распознавания состоит из трех основных компонент: преобразование исходного изображения в стандартное представление; выделение основных характеристик; классификация.

Кроме этого, построение метода распознавания опирается на априорную информацию о предметной области (в данном случае – характеристики объекта) и корректируется экспериментальной информацией, появляющейся по ходу разработки алгоритмов.

В связи с этим особую значимость и научно-практический интерес представляет развитие мобильных средств экспресс- обнаружения и анализа чрезвычайных ситуации с помощью интеллектуальных методов регистрации, обработки и анализа видеоинформации, обеспечивающих получение достоверной информации об требуемых объектах с использованием современных систем на кристалле и САПР на их основе [6].

Метод распознавания транспортных средств

Метод обнаружения и распознавания объектов изображений на основе адаптивных триангуляционных сеток базируется на использовании пирамидально-рекурсивного поиска опорных точек.

*Алгоритм распознавания***.** Предложенный алгоритм состоит из трех процессов: обучения, сохранения шаблонов в базе видеоданных.

Процесс формирования и хранения признаков объектов изображений происходит следующим образом (рисунок 1):

Шаг 1. Преобразование изображения видео фрейма в полутоновое изображение.

Шаг 2. Применение к полутоновому изображению метода Виолы–Джонса для поиска области объекта.

Шаг 3. Уменьшение размера области ТС до 64×64 пикселей (нормализация).

Шаг 4. формирование к полученному на шаге 3 изображению триангуляционные сетки (регулярных и нерегулярных) признаков объектов.

Шаг 5. Сохранение извлеченных признаков в базе данных.

В процессе распознавания осуществляются шаги 1–4, затем на основе применения метода главных компонент происходит сокращение числа признаков и их сравнение с признаками, хранящимися в базе данных.

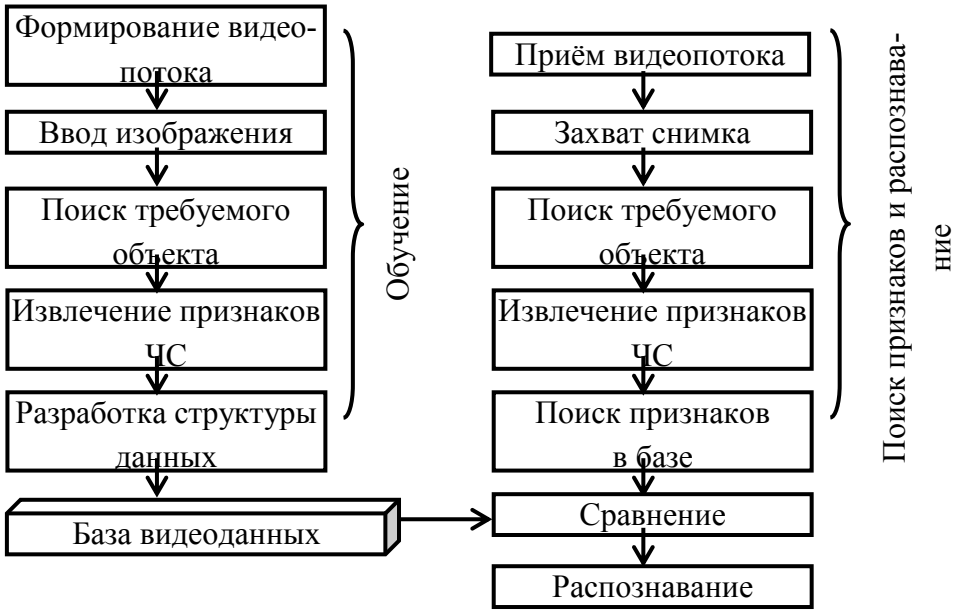


Рисунок 1 – Процессы обучения, поиска и распознавания МТС

Численные эксперименты выполнены на основе базы, состоящей из 400 изображений ТС. База содержит различные классы ТС, по 20 изображений ТС для каждого класса. При формировании базы данных размер изображений и ракурс условия съемки были разными [7].

В процессе распознавания выполнены шаги 1–4 для обнаружения и распознавания ТС, затем на основе применения комбинированного метода главных компонент и триангуляционных сеток опорных точек полученные результаты показали увеличения процента правильных [8].

Технологий распознавания с использованием современных ПЛИС

В Институте проблем транспорта РАН совместно с СПбГЭТУ «ЛЭТИ» разработан новый макет на основе высокопроизводительной системы системы на кристалле, включающей быстродействующее процессорное ядро (*Cyclone* V) и ПЛИС, содержащее более 6-и миллионов вентилей на одном кристалле. Платформа на базе *Cyclone* V предназначена осуществления проектов и приложений, работающих с большими объемами видеоданных и требующие высокую пропускную способность обмена. платформа имеет расширение с интегрированными трансиверами и контроллерами памяти и подходят для применения в промышленных, проводных и беспроводных системах анализа и распознавания объектов изображений.

Платформа включает два модуля (рисунок 2): *Cyclone* V и Контроллер *CYB USB*3 позволяющие в реальном времени приём, анализа и передачи видеоинформации.

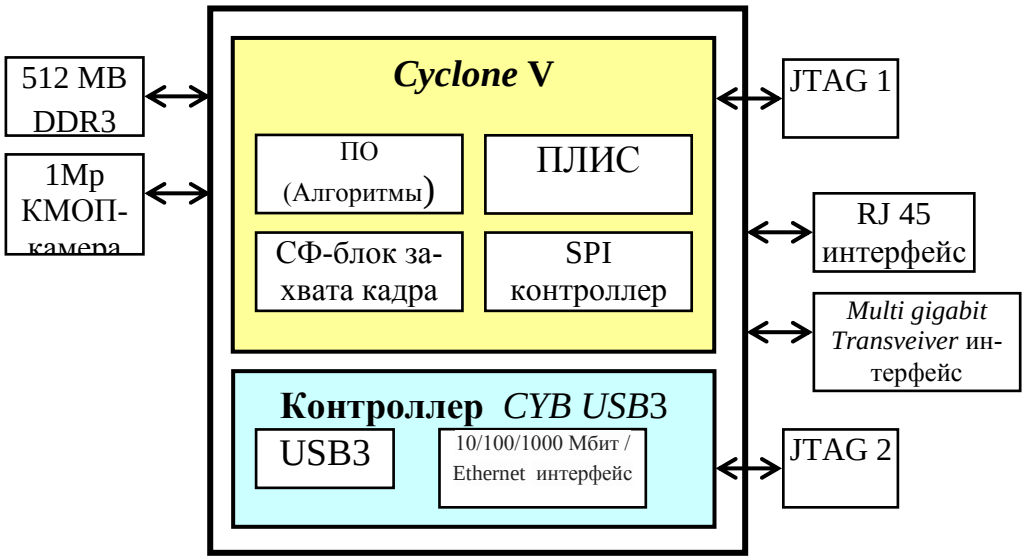


Рисунок 2 – Платформа проектирования многопроцессорных систем на кристалле

Исследование и реализация СФ-блоков в качестве компонентов многопроцессорных систем на кристалле врозможно благодаря наличию:

– **ПЛИС FPGA:** Cyclone V, 49 K программируемых логических элементов, 3080 Kbits встроенной памяти, 1 контроллер Hard Memory; последовательная конфигурационная память EPCS64, на плате установлен USB Blaster (разъем USB3), поддержка JTAG и AS режимов конфигурирования;

– КМОП камера (С разрешением 1024x1024 пикселей изображения), которая имеет разрешение 1Mps;

– модуль предварительной обработки видеоинформации для решения задач распознавания:

– встроенный комплект с ПЛИС *Cyclone* V общего назначения для разработки различных приложений, таких как кодирование и декодирование видео, обнаружение и, распознавание объектов, синтез и анализ комбинированных оптических (в т.ч. биомедицинских) сигналов нестационарных источников и т.д.;

– высокоскоростной интерфейс USB3 приемо-передачи видеоинформации и т. д.

Современный подход к развитию интеллектуальных транспортных технологий должен обеспечивать выполнение полного маршрута системного проектирования систем искусственного зрения на кристалле. При этом необходимо параллельно создавать собственные библиотеки модулей с возможностью повторного использования СФ-блоков, специализированных для решения конкретных транспортных задач обеспечения безопасности: авиационного, железнодорожного, водного транспорта и т.д.

Исходя из изложенного выше можно выделить следующие основные выводы:

1) принцип параллельного отображения видеоинформации на сегодняшний день является весьма актуальным и остро востребованным на транспорте — органам управления гораздо проще воспринимать видеоданные, когда они представлены параллельно на разных экранах. При этом создание интерфейса и соответствующего программного обеспечения с целью представления больших объёмов видеоданных и оперативной выдачи соответствующих команд (или сигналов), при весьма ограниченном времени реакции, очень часто ведёт к правильному принятию решения для применения необходимых мер по обеспечению безопасности транспортной сети;

2) появление нового направления транспортного телевидения делает необходимым использование адаптивных спектральных методов кодирования и декодирования изображе-

ний на основе трёхмерного дискретного косинусного преобразования и построения соответствующих транскодеров для многоканальной реализации телевидения ВЧ на всех видах транспорта;

3) решение проблем анализа и распознавания требуемых объектов изображений целесообразно выполнить на основе полигонально-рекурсивного метода поиска и хранения опорных точек для создания и классификации изображений, применительно к транспортной тематике;

4) рынок видеонаблюдения развивается безостановочно. Скорость, с которой увеличивается число мегапикселей в матрицах видеокамер и объемы жестких дисков на видеорегистраторах, говорит о все более жестких требованиях к транспортным технологиям безопасности. В условиях подобной «гонки вооружений» ощутимым преимуществом для производителя оказывается разработка и применение собственных технологий, созданных на основе принципа «система на кристалле». В первую очередь, это транспортные видеосистемы на кристалле с матрицами для аналоговых и цифровых камер и сетевых видеорегистраторов;

5) преимуществами библиотек СФ-блоков транспортной отрасли являются возможность автоматизированной разработки различных специализированных систем технического зрения на базе

Последним, следует подчеркнуть, что перечисленные методы и алгоритмы решения задач распознавания базируется на парадигме утверждения об априори качественном формируемом цифровом изображении в вычислителе, а в статье выдвигается новый подход к решению этих задач, уже на этапе формирования видеоинформации в самом источнике базируясь во-первых на основах и принципах [8] синтеза видеосистем на кристалле, во-вторых с учётом новой аксиоматики, обозначенной в книге [9].

Список литературы

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Михалев О.А. Предложения по концепции развития технологий искусственного интеллекта в Российской Федерации // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: ИПТ РАН. 2019. С. 7-18.
2. Березин В.В., Фахми Ш.С., Цыцулин А.К. Начальный этап проектирования видеосистем на кристалле // Оптический журнал. 2012. Т. 79. № 11. С. 76-83.
3. Фахми Ш.С., Альмахрук М.М., Бобровский А.И., Еид М.М., Соколов Ю.М., Салем А. Точность, скорость и сложность устройств кодирования изображений по опорным точкам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 4. С. 678-688.
4. Фахми Ш.С., Умбиталиев А.А., Цыцулин А.К., Шипилов Н.Н., Ибатуллин С.М., Ибатулин В.Ф. Способ кодирования и декодирования видеоинформации на основе трехмерного дискретного косинусного преобразования // Патент на изобретение RUS 2375838 19.11.2008.
5. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт россии: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. С. 187-193.
6. Бобровский А.И., Еид М.М., Алмахрук М.М., Салем А., Фахми Ш.С. Информационные показатели качества устройств кодирования изображений по опорным точкам // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2016. № 3. С. 86-91.
7. Фахми Ш.С. Пирамидально-рекурсивный метод кодирования и декодирования видеоинформации // Вопросы радиоэлектроники. 2007. № 2. С. 43-51.
8. Цыцулин А.К., Фахми Ш.С. Видеосистемы на кристалле: новые архитектурные решения в задачах обработки видеоинформации // Датчики и системы. 2011. № 4. С. 58-61.
9. Теория и практика космического телевидения. Под ред. А. А. Умбиталиева, А. К. Цыцулина. – СПб.: НИИ телевидения, 2017. – 368 с.

УДК 004.932.2

МЕТОД И АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Фахми Шакиб Субхиевич *– доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук
профессор кафедры систем автоматизированного проектирования
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Шаталова Наталья Викторовна *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук
Еид Муса Мухамад *– кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-измерительных систем и технологий*
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В работе предложены метод обнаружения и распознавания транспортных средств на основе рекурсивного метода нахождения опорных точек. Рассмотрены три алгоритма нахождения опорных точек: а) перебора и раздвоения вершин, б) метод наименьших квадратов и в) итерационный алгоритм добавления точек. Получены результаты обнаружения и распознавания транспортных средств на базе, содержащей более 300 изображений для различных моделей транспортных средств.
Ключевые слова: структура видеоданных, обнаружение, распознавание, триангуляция, опорные точки, транспортные средства.

THE VEHICLES RECOGNITION METHOD AND ALGORITHMS

Fahmi Shakeeb S. – Dr.Tech.Sc, docent, Leading researcher
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
Professor of Department of Computer Aided Design
Saint Petersburg Electrotechnical University LETI
Shatalova Natalya V. – Ph.D., Leading Researcher of Laboratory of the organization of transport systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
Eid Mussa M. – Ph.D., Associate Professor, docent
Saint Petersburg Electrotechnical University LETI

Abstract. The paper proposes a method of detection and recognition of vehicles based on the recursive method of finding reference points. Three algorithms for finding reference points are considered: a) iteration and bifurcation of vertices, b) least squares method and C) iterative algorithm for adding points. The results of detection and recognition of vehicles on the basis of more than 300 images for different models of vehicles are obtained.
Keywords: the structure of the video data, detection, recognition, triangulation, control points, vehicle.

В статье [1] рассматриваются преимущества использования в городских условиях интеллектуальных транспортных систем, обеспечивающих безопасность дорожного движения, снижение дорожно-транспортных происшествий и смертности на дорогах.

Наиболее значительную роль в процессе анализа двумерных изображений для поиска объектов играет решение двух задач: во-первых, выделение опорных точек объектов изобра-

жения на основе пространственно-рекурсивного разбиения на полигоны различной формы и площади; во-вторых, представление опорных точек изображений в виде одномерного динамического массива для передачи по каналу связи.

Решение выше указанных задач позволяет обнаруживать и распознавать объекты по зашумленным данным. Определим проблему выделения опорных точек как поиск оптимального разбиения исходного изображения на непересекающиеся области, при котором элементы изображения, входящие в одну область, обладают общими характеристиками. При этом разбиение будем представлять в терминах рекурсивных сеток, а оптимальность характеризовать в терминах статистической однородности в пределах полигона.

Пусть изображение представляет собой двумерное дискретное случайное поле, определенное только на конечной решётке, а вне этой решётке равное нулю. Тогда под рекурсивным разбиением будем понимать процедуру разбиения области на полигоны различной формы (квадраты, прямоугольники и треугольники) с различными статистическими свойствами [2].

Отличительной особенностью алгоритмов разбиения изображений является учёт следующих факторов:

1) точность восстановления результирующего изображения на основе представления опорных точек в виде одномерных динамических массивов;

2) скорость передачи сжатых массивов;

3) сложность алгоритмов выделения опорных точек объектов изображения.

В связи с этим, направление, предлагаемое в статье для решения задач анализа объектов изображений включает этап построения некоторой модели двумерного случайного поля, учитывающей особенности исследуемой практической задачи. Как правило, для принятия решения о принадлежности опорной точки изображения той или иной области (или объекту), требуется просмотреть всех его соседей в динамическом массиве опорных точек. Использование одномерного динамического массива (иерархического) представления изображения устраняет необходимость отдельной обработки каждого элемента исходного изображения. Такой подход позволяет относить к той или иной области целые фрагменты изображения, соответствующие элементам яркости различных уровней пирамиды.

Выделение и хранение (представление) опорных точек изображения

Выделение и хранение (т.е. задача представления) опорных точек заключается в разбиении изображения на области с использованием рекурсивных алгоритмов, которые обеспечивают (рисунок 1):

– формирование структуру видеоданных «дерево» с быстрыми алгоритмами обхода и поиска в ширину и глубину соседних точек [3];

– максимальное распараллеливания поиска опорных точек;

– построение триангуляционных сеток для решения зада распознавания образов.

Информационное поле в случае применения пирамидальных структур описывается упорядоченной последовательностью изображений, располагаемых обычно одно над другим [4]. При таком представлении изображение разбивается на определенные полигоны (квадраты), затем процедура разбиения повторяется для каждого блока до тех пор, пока его размер полигона не станет равным одному пикселю исходного изображения. Далее в каждом полигоне производится поиск одной опорной или множества опорных точек в зависимости от заданной точности обнаружения признаков объекта. По завершении процесса получается набор опорных точек изображений, который сохраняется в памяти в виде одномерного динамического массива (рисунок 1в). Построение пирамиды может идти и обратным путем – от низших уровней к высшим. Пирамидальное представление предполагает некоторый закон перехода от одного уровня пирамиды к другому.

Часто, при разработке приложений, оперирующих с большим количеством входных данных, возникает вопрос об их хранении во время выполнения программы выделения объектов изображений. Данную проблему решает тип хранения данных, которому и посвящен данный раздел – связанный список динамических переменных, или проще – динамический список (или массив с указателями на динамические списки). Компоненты добавляются и

удаляются во время выполнения программы, и их количество зависит исключительно от размера доступной памяти [5].

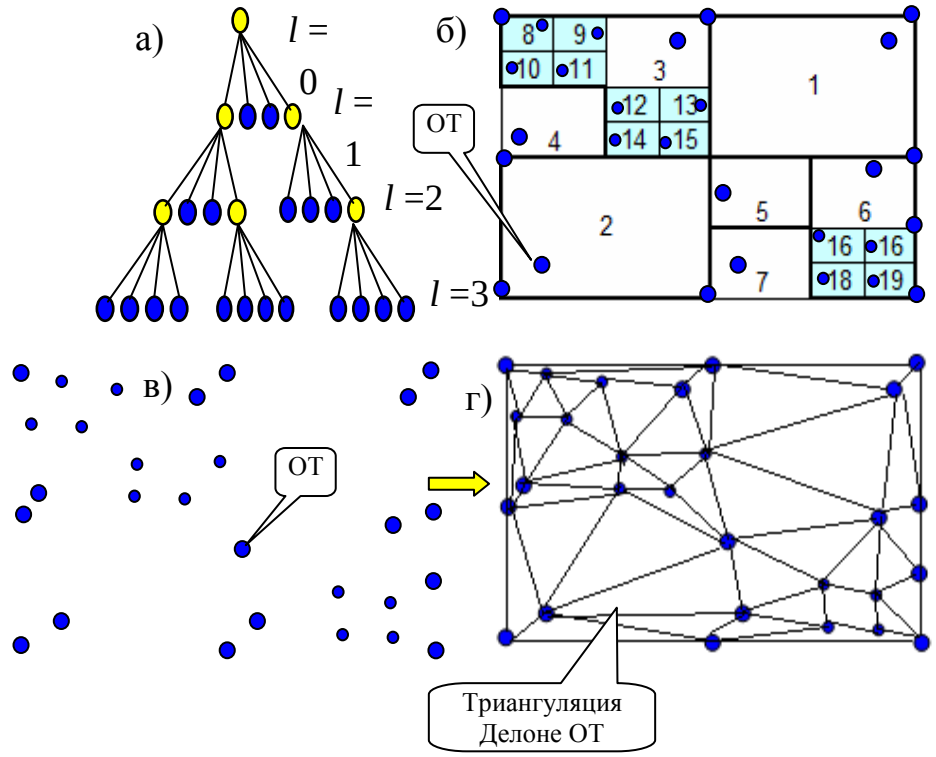


Рисунок 1 – Разбиение и представление изображения: а) дерево опорных точек; б) азбиение на квадраты; в) одномерный динамический массив опорных точек; г) триангуляция опорных точек

Однако, за это преимущество приходится расплачиваться недостатком – если в случае с массивом, в любой момент получаем доступ к любому компоненту, то в случае со списком, в один момент времени нам доступны максимум 3 компонента (это зависит от способа представления списка в программе).

Очень часто возникают задачи обработки массивов данных, размерность которых заранее неизвестна. В этом случае возможно использование одного из двух подходов:

а) выделение памяти под статический массив, содержащий максимально возможное число элементов-опорных точек изображения, однако в этом случае память расходуется не рационально;

б) динамическое выделение памяти для хранение массива данных.

Для использования функций динамического выделения памяти необходимо описать указатель, представляющий собой начальный адрес хранения элементов массива. Начальный адрес статического массива определяется компилятором в момент его объявления и не может быть изменен. Для динамического массива начальный адрес присваивается объявленному указателю на массив в процессе выполнения программы.

Варианты формирования динамического списка:

а) деление на 2. Изображение рекурсивно делятся на 2 и формирование динамического массива осуществляется путём группировки элементов по три, где первый элемент каждой группы будет указывать на родительский узел в дереве (пирамиде) изображения (рисунок 2).

б) деление на 3 и 4 также выполняются путем рекурсивного деления изображения на 3 и 4 соответственно. При этом структура и состав как в случае деления на 2 [6].

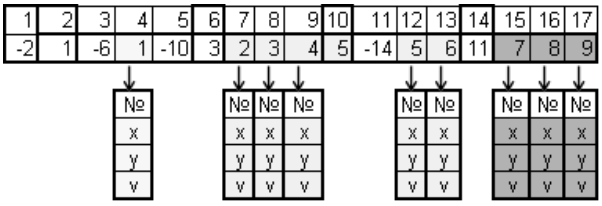


Рисунок 2 – Динамический массив для представления и хранения изображения после деления на 2 полигона

Сложность алгоритма создания рекурсивной структуры данных

Под алгоритмом понимается процесс последовательного вычисления величин, протекающий в дискретном времени так, что в каждый момент времени система величин получается по определенному закону из системы величин, имевшихся в предыдущий момент. Трудоемкость алгоритма – число элементарных действий, выполняемых при его реализации.

Оценку алгоритма можно проводить сверху или снизу. Оценку сверху выполняют, указав конкретный алгоритм решения задачи, т.к. трудоемкость задачи не превышает трудоемкости любого из решающих её алгоритмов.

Оценку снизу получают из некоторых общих соображений (например, мощностных или информационных).

Сложность алгоритма можно рассматривать по следующим величинам: время работы алгоритма; объем памяти, требуемый для работы алгоритма; размер программы (количество операции).

Рекурсивными процедурами называются процедуры, которые вызывают сами себя. Их сложность определить довольно тяжело. Сложность этих алгоритмов зависит не только от сложности внутренних циклов, но и от количества итераций рекурсии. Рекурсивная процедура может выглядеть достаточно простой, но она может серьёзно усложнить программу, многократно вызывая себя.

Рекурсивный алгоритм, который вызывает себя несколько раз, называется многократной рекурсией. Такие процедуры гораздо сложнее анализировать, кроме того, они могут сделать алгоритм гораздо сложнее.

Поскольку процедура вызывается дважды, можно было бы предположить, что её рабочий цикл будет равен $O(2^N)=O(N)$. Но на самом деле ситуация гораздо сложнее. Если внимательно исследовать этот алгоритм, то станет очевидно, что его сложность равна $O(2^{(N+1)}-1)=O(2^N)$. Следует отметить, что анализ сложности рекурсивных алгоритмов весьма нетривиальная задача.

Для всех рекурсивных алгоритмов очень важно понятие объёмной сложности. При каждом вызове процедура запрашивает небольшой объём памяти, но этот объём может значительно увеличиваться в процессе рекурсивных вызовов. По этой причине всегда необходимо проводить анализ объёмной сложности рекурсивных процедур.

Оценка сложности алгоритма до порядка является верхней границей сложности алгоритмов. Если программа имеет большой порядок сложности, это вовсе не означает, что алгоритм будет выполняться действительно долго. На некоторых наборах данных выполнение алгоритма занимает намного меньше времени, чем можно предположить на основе их сложности.

Если искомый элемент находится в конце списка, то программе придётся выполнить N шагов. В таком случае сложность алгоритма составит $O(N)$. В этом наихудшем случае время работы алгоритма будем максимальным [7].

С другой стороны, искомый элемент может находится в списке на первой позиции. Алгоритму придётся сделать всего один шаг. Такой случай называется наилучшим и его сложность можно оценить, как $O(1)$. Оба эти случая маловероятны. Нас больше всего интересует ожидаемый вариант. Если элемента списка изначально беспорядочно смешаны, то ис-

комый элемент может оказаться в любом месте списка. В среднем потребуется сделать N/2 сравнений, чтобы найти требуемый элемент. Значит сложность этого алгоритма в среднем составляет O(N/2)=O(N). В данном случае средняя и ожидаемая сложность совпадают, но для многих алгоритмов наихудший случай сильно отличается от ожидаемого. Например, алгоритм быстрой сортировки в наихудшем случае имеет сложность порядка $O(N^2)$, в то время как ожидаемое поведение описывается оценкой O(N*log(N)), что много быстрее.

Алгоритмы поиска опорных точек объектов изображений

В раной статье предложены три основных алгоритма поиска опорных точек на основе пространственно-рекурсивного разбиения изображения на полигоны различной формы и размера. При этом общий критерий для всех предложенных алгоритмов является минимизация ошибки (СКО) передачи видеоинформации с применением триангуляции Делоне.

Алгоритм № 1

Данный алгоритм основан на переборе всех вершин триангуляции и анализе статистических характеристик пикселов в пределах каждого треугольника. Алгоритм включает следующие основные этапы (рисунок 3*а*):

– перебор всех треугольников; если пиксели одного треугольника отличаются от пикселов смежного треугольника, то вершина раздваивается на две индивидуальные для каждого треугольника по отдельности (рисунок 3*а*);

– аппроксимация яркостей триангуляционной сетки; если точность ошибки передачи видеоинформации равна заданной, то конец алгоритма, иначе переход на п. 2.

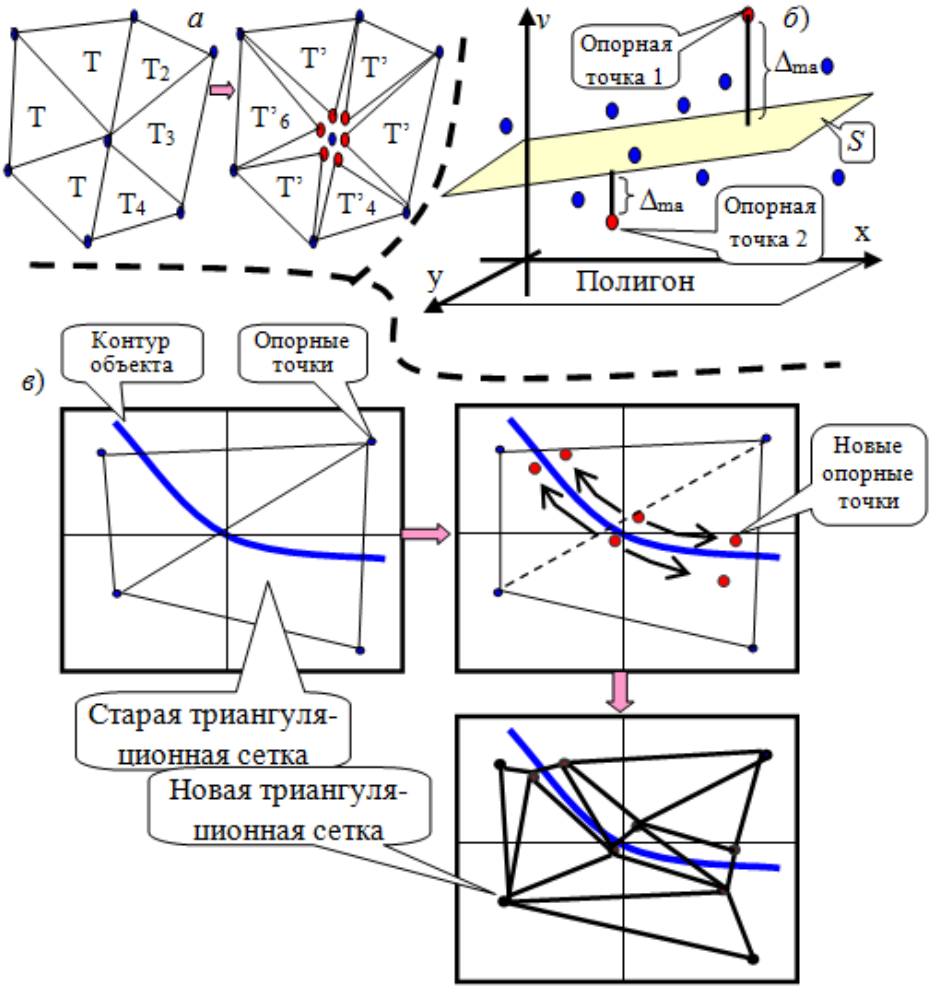


Рисунок 3 – Замена общей вершины на индивидуальные: а) поиск опорных точек методом МНК; б) поиск опорных точек методом восстановления границ объектов; в) перебор каждой грани триангуляционной сетки

Алгоритм № 2

Данный алгоритм основан на известном, в математической статистике, методе наименьших квадратов (МНК) отклонений значений признаков генеральной совокупности от средней величины по совокупности [8].

Алгоритм включает следующие основные этапы (рисунок 3*б*):

1) после завершения процесса разбиения исходного изображения на полигоны и получения неравномерной сетки, выполняется перебор каждого полигона;

2) для текущего полигона, методом наименьших квадратов, находится уравнение плоскости регрессии (*S*) в пространстве (*x, y, v*);

3) определяются две наиболее отдалённые от плоскости *S* опорные точки;

4) чтение очередного полигона и переход к п. 2;

5) если полигон последний. То конец, иначе переход к п. 2.

В случае, если имеются более одной опорной точки одинаково удалённых от плоскости (Δ_{max}), то берется та точка, которая ближе к центру полигона.

Алгоритм № 3.

Данный алгоритм является итерационным точным, с точки зрения достижения минимума ошибки передачи видеоинформации. Однако данное преимущество достигается путём трёхкратного увеличения сложности кодера.

Алгоритм включает следующие основные этапы:

1) после завершения процесса разбиения исходного изображения на полигоны и получения неравномерной сетки, выполняется перебор каждой грани триангуляционной сетки (рисунок 3*в*);

2) анализируется пиксели, находящиеся на отрезке;

3) если имеется перепад по яркости (или контур), то добавляются две (или более) опорные точки по обе стороны перепада (или контура) с целью восстановления границы объектов;

4) строится триангуляция Делоне и оценивается ошибка кодирования;

5) если ошибка удовлетворяет заданному условию задачи, то конец алгоритма, иначе перед к п. 5 [9].

После пространственно-рекурсивного разбиения изображения и определения области поиска опорных точек строится триангуляционная сетка (рисунок 4). Далее предложенный авторами метод позволяет аппроксимировать полученные треугольники двумя способами:

1) путём линейной аппроксимации яркостей вершин треугольников;

2) методов наименьших квадратов находится плоскость регрессии и для вычисления яркостей пиксилов в пределах каждого треугольника.

Приведенные выше простейшие алгоритмы имеют трудоемкость O(*n log n*) даже для равномерного размещения точек и может достигать O(n^2) в наихудшем.

Результаты моделирования алгоритмов

Моделирование алгоритмов обнаружения и распознавания ТС были реализованы в среде *Microsoft Visual Studio* 2015, а результаты приведены в таблице.

Таблица – Результаты обнаружения и распознавания ТС

Тип ТС	Время суток	Количество изображений	Правильное обнаружение	Число ложной тревоги
Легковые (до 3-х тон)	Утром	200	85%	15%
	Днём	300	95%	5%
	Вечером	50	65%	35%
Средние ТС от 3 до 8 тон)	Утром	300	75%	25%
	Днём	150	80%	20%
	Вечером	50	50%	50%
Большие ТС (от 8 и более тон)	Утром	200	88%	12%
	Днём	150	90%	10%
	Вечером	50	60%	40%

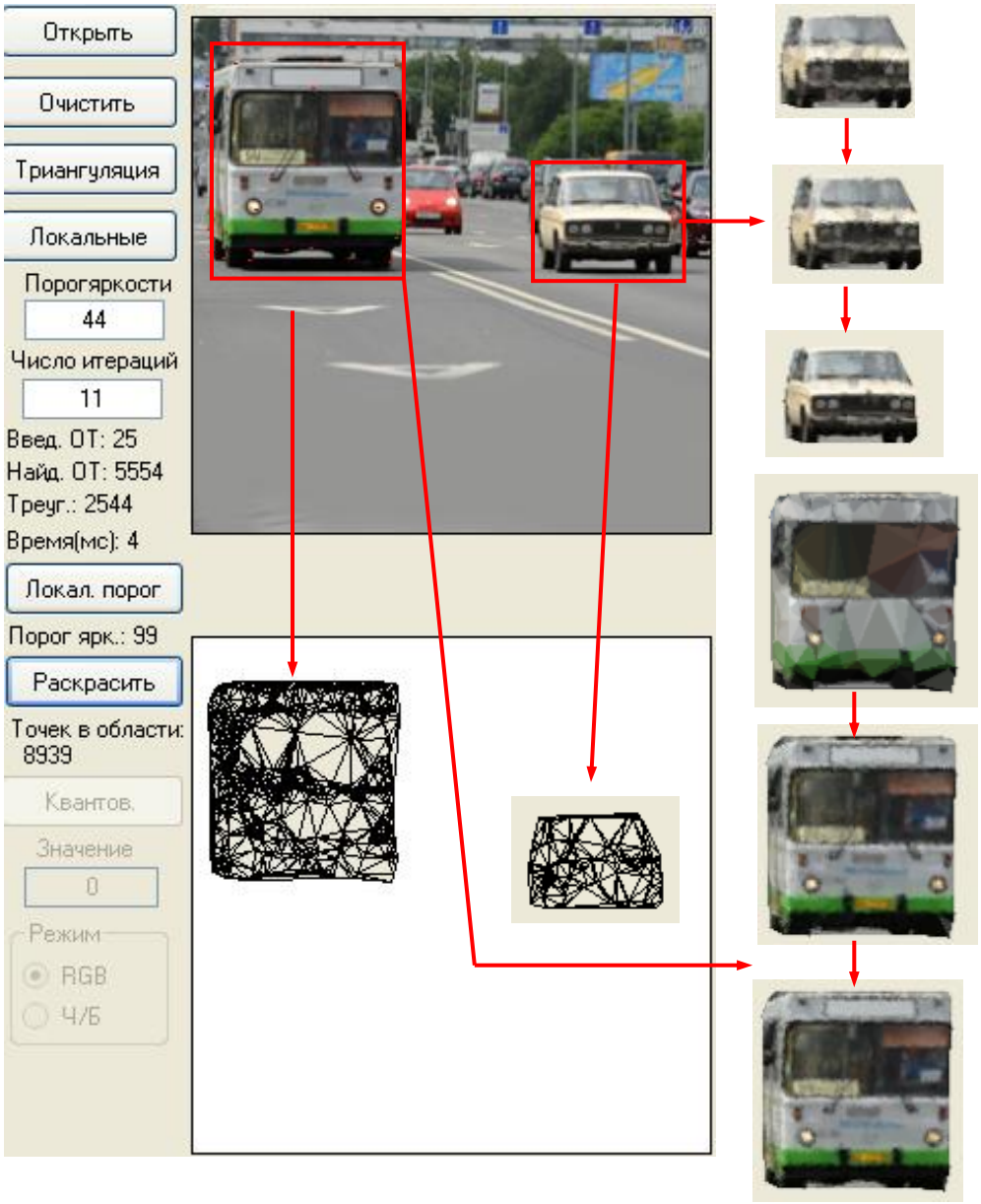


Рисунок 4 – Результаты обнаружения и распознавания транспортных средств по триангуляционным сеткам опорных точек

В работе показано, что используя новые алгоритмы нахождения опорных точек объектов изображения, обеспечиваемые регулярной и нерегулярной триангуляционными сетками, можно получать эффективные устройства обнаружения и распознавания видеоинформации с различными уровнями разрешения и детализацией при решении задач классификации транспортных средств.

Применение предложенного авторами одного или комбинации сразу нескольких алгоритмов нахождения опорных точек дает возможность адаптации к характерным свойствам изображения: более чёткие (без шума и помех) могут быть представлены при помощи меньшего числа точек, чем те, в которых необходима большая детализация и, следовательно, больше количества точек. Адаптация алгоритмов реализуется на основе итерационной процедуры, позволяющей в интерактивном режиме выделять объекты в любое время суток.

Список литературы

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Афонин П.Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2015. № 4. С. 68-73.

2. Фахми Ш.С., Еид М.М., Бобровский А.И. Систематизация алгоритмов нахождения и кодирования опорных точек изображений // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2017. № 3. С. 15-20.

3. Фахми Ш.С., Альмахрук М.М., Бобровский А.И., Еид М.М., Соколов Ю.М., Салем А. Точность, скорость и сложность устройств кодирования изображений по опорным точкам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 4. С. 678-688.

4. Фахми Ш.С., Умбиталиев А.А., Цыцулин А.К., Шипилов Н.Н., Ибатуллин С.М., Ибатулин В.Ф. Способ кодирования и декодирования видеоинформации на основе трехмерного дискретного косинусного преобразования // Патент на изобретение RUS 2375838 19.11.2008.

5. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб: ИПТ РАН. 2016. С. 187-193.

6. Шагаров С.С., Зубакин И.А., Фахми Ш.С. Адаптивные алгоритмы кодирования видеоинформации // Приборы. 2010. № 4 (118). С. 28-31.

7. Фахми Ш.С. Пирамидально-рекурсивный метод кодирования и декодирования видеоинформации // Вопросы радиоэлектроники. Техника телевидения. 2007. № 2. С. 43-51.

8. Манцветов А.А., Зубакин И.А., Козлов В.В., Фахми Ш.С., Цыцулин А.К. Адаптация космической телевизионной системы к этапам наблюдения объектов// Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2012. № 1. С. 29-43.

9. Бобровский А.И., Еид М.М., Алмахрук М.М., Салем А., Фахми Ш.С. Информационные показатели качества устройств кодирования изображений по опорным точкам // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2016. № 3. С. 86-91.

УДК 656.6:654.9

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ СУДОВ

Круглеевский Владимир Николаевич *– доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник*

Маринов Марин Любенов *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*

Вислогузов Виктор Викторович *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В настоящей статье предлагается интегрировать, казалось бы, различные технологии: обучения и контроля уровня знаний людей в области обеспечения пожарной безопасности, определения их местонахождения; тепловизионного контроля и сигнализации о перегреве технических средств; повышения информативности систем пожарной сигнализации - для реализации идеи автоматизации контроля пожарной опасности на морских и речных судах, что во многих случаях позволит предупредить возможное развитие пожаров.

Ключевые слова: судно, пожарная опасность, автоматизация, системы пожарной сигнализации, человеческий фактор, информационные технологии, тепловизоры.

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF ENSURING FIRE SAFETY OF SEA AND RIVER VESSELS

Krugleevsky Vladimir N. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher
Marinov Marin L. – PhD in Engineering Science, Leading Researcher
Visloguzov Victor V. – PhD in Engineering Science, Leading Researcher
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. In this article it is proposed to integrate different technologies: training and monitoring the level of knowledge of people in the field of fire safety, determining their location; thermal imaging control and alarm of overheating of technical means; increasing the information content of fire alarm systems - to implement the idea of automation of fire hazard control on sea and river vessels, which in many cases will prevent the possible development of fires.
Keywords: ship, fire danger, automation, fire alarm systems, human factor, information technology, thermal imaging.

В настоящее время повседневный контроль пожарной опасности на морских и речных судах обеспечивается членами судовой команды. Имеющиеся на каждом судне системы пожарной сигнализации (СПС) предназначены только для сигнализации о начавшемся пожаре [1].

Необходимость обнаружить пожар как можно раньше и предотвратить его дальнейшее развитие заставляет анализировать деятельность членов судовой команды по поддержанию требуемого уровня пожарной безопасности и искать новые пути повышения эффективности действий при обнаружении и борьбе с пожарами.

Статистические данные показывают, что основной причиной пожаров являются нарушения правил по обеспечению пожарной безопасности и эксплуатации судового оборудования, технических средств (ТС) и систем. Это означает, что уровень пожарной опасности в судовых помещениях в значительной степени зависит от уровня профессиональной подготовки и психологических качеств каждого члена судовой команды.

Известные на сегодня технологии позволяют повысить эффективность обеспечения пожарной безопасности судна и снизить вероятность возникновения возгорания путем автоматизации процесса контроля пожарной опасности.

Автоматизация контроля пожарной опасности на судне подразумевает создание организационно-технической системы, где каждый член судовой команды является её составной частью. При обнаружении признаков пожарной опасности и пожара он должен действовать в соответствии с нормативными документами и должностными обязанностями, регламентирующими его поведение.

Считая человека составной частью системы контроля пожарной опасности, надо помнить, что он одновременно выступает и в другом качестве при управлении или обслуживании судовых ТС и оборудования – он может создать условия для возникновения пожароопасной ситуации [2,3].

Схема на рисунке поясняет процесс контроля человеком пожарной опасности. Показанные на схеме задачи, требующие своей реализации, относятся к так называемому «человеческому фактору» автоматизации контроля пожарной опасности.

При распознавании человеком сложившейся в помещении пожароопасной ситуации особенно важны следующие два этапа: восприятие окружающей обстановки и распознавание признаков пожарной опасности. Оба процесса сопровождаются сложной психической деятельностью человека [4], на которую влияние оказывает уровень знаний и качество выработанных при обучении навыков.

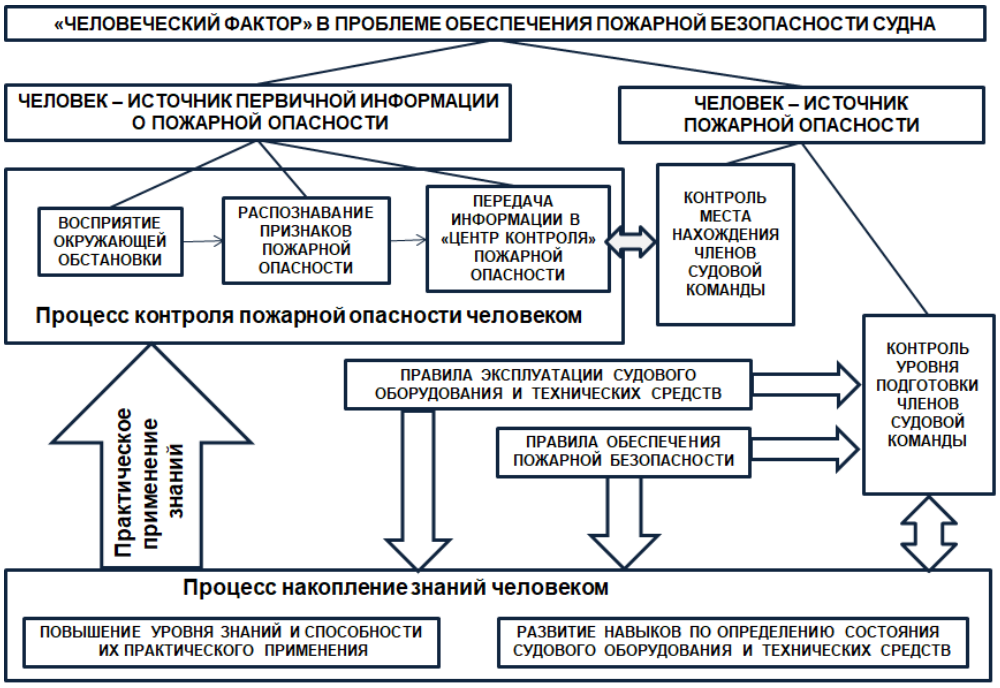


Рисунок – Схема процесса контроля человеком пожарной опасности

Автоматизация контроля уровня подготовки членов судовой команды необходима для реализации развитого интерфейса между технической системой и конкретными должностными лицами. При изучении устройства судна, правил эксплуатации технических средств, ведения борьбы с пожаром и обеспечения пожарной безопасности, использование компьютерных технологий позволяет реализовать автоматическое получение информации об уровне подготовки каждого обучаемого и ввод их в систему. Следует отметить, что эти данные могут быть использованы системой в полной мере только при условии реализации автоматического контроля местонахождения членов судовой команды.

Сегодня технологии разработки обучающих анимационных фильмов, развивающих интерактивных игровых программ, программ для тестирования знаний и психологических характеристик людей, позволяющие контролировать и оценивать уровень подготовки обучаемых, известны. Но при практическом обучении правилам обеспечения пожарной безопасности, тактике и навыкам борьбы с пожаром специалистов для конкретных проектов судов они не используются.

Общемировая практика автоматизации процессов контроля пожарной опасности на морских судах находится на начальном этапе и ограничивается в основном использованием пирометров и тепловизоров для определения состояния и дистанционного контроля пожароопасного оборудования и ТС [5].

Тонкая грань между пожароопасной ситуацией и начальной стадией пожара побуждает искать пути их обнаружения совершенствуя аппаратуру, алгоритмическое и программное обеспечение систем обнаружения пожаров, к которым сегодня можно отнести СПС, системы автоматического включения средств пожаротушения, телевизионные системы мониторинга судовых помещений.

В настоящее время существенный прогресс можно наблюдать в области совершенствования характеристик пожарных извещателей и аппаратуры судовых СПС [6]: они позволяют обнаружить место появления опасных факторов пожара (дыма, пламени, аномального повышения температуры воздуха, опасной концентрации угарного газа) с точностью до зоны, контролируемой пожарным извещателем. Чувствительность пожарных извещателей повысилась в разы, а их инерционность снизилась. Современные СПС способны обмениваться информацией с судовыми автоматизированными системами управления, контроля и сигнализации.

Несмотря на существенные достоинства современных СПС, формируемый ими сигнал «ПОЖАР» требует подтверждения, а для принятия управляющих решений по локализации и тушению пожара необходима дополнительная информация, в первую очередь, о том, что горит, зоне распространения огня и дыма, интенсивности процесса развития пожара, а затем, по мере увеличения масштаба пожара, о путях его распространения, опасности для смежных помещений. Эту информацию получают только спустя некоторое время с момента сигнализации СПС о проявившихся опасных факторах пожара при проведении обследования охваченного пожаром района судна. Таким образом, те десятки секунд, на которые удалось сократить время обнаружения пожара путем совершенствования СПС, обесцениваются минутами (иногда и более), затрачиваемыми на организацию и проведение разведки.

Поэтому на современном этапе развития систем автоматического обнаружения пожаров на судах необходимо повысить их информативность, реализовав в них функции получения информации в объеме, достаточном для выработки руководителем борьбы с пожаром решения на применение средств пожаротушения, а именно: о месте пожара, что горит, масштаб и пути распространения пожара, опасность для смежных помещений, рекомендации по тушению.

Обеспечение пожарной безопасности и раннее обнаружение пожаров неизбежно связано с контролем температуры не только воздушной среды в помещениях судна, но и многих узлов энергетических установок, различных механизмов, элементов электроэнергетической системы, перегрев которых может вызвать возгорание горючих жидкостей и материалов, находящихся поблизости. При этом контакт горючего вещества и поверхности, нагретой до температуры, превышающей температуру воспламенения этого вещества, может происходить в результате аварий, вызывающих различного рода разрушения. Сегодня контроль нагрева узлов электрического и энергетического оборудования проводится периодически и всецело зависит от профессионализма и ответственности конкретных судовых специалистов.

Автоматизация контроля нагрева узлов судового электрического и энергетического оборудования может быть достигнута за счет:

– перехода от периодического контроля к *on-line* технологиям;

– применения микроэлектронных датчиков температуры [7];

– применения беспроводных технологий [8];

– использования тепловизоров.

Практически на всех современных судах устанавливаются системы телевизионного наблюдения. В таких системах может быть предусмотрена автоматическая обработка получаемых изображений и распознавание появления клубов дыма, очагов возгорания, разрушений оборудования, смещения грузов и т.п. В последнее время зарубежом появились относительно дешевые тепловизионные камеры, которые встраиваются в системы телевизионного мониторинга и используются для *on-line* наблюдения за тепловым полем энергетических установок.

Учитывая изложенное выше, в качестве важных направлений повышения эффективности обеспечения пожарной безопасности морских и речных судов можно указать:

– использование информационных технологий для повышения эффективности обучения и тренировок членов судовой команды по обеспечению пожарной безопасности и борьбе с пожаром;

– повышение информативности судовых систем пожарной сигнализации;

– широкое внедрение на судах автоматического контроля нагрева узлов электрического и энергетического оборудования.

Список литературы

1. Штумпф Э.П. Пожарная сигнализация на судах. – Л.: Судостроение, 1982. – 195 с.

2. Круглеевский В.Н., Маринов М.Л., Скороходов Д.А. Информационно-аксиологические аспекты автоматизации контроля пожарной опасности на морских и речных судах // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 2. № 2 (40). С. 137-142.

3. Маринов М.Л., Скороходов Д.А., Турусов С.Н., Каминский В.Ю. Моделирование действий специалистов водного транспорта методом профессионально-аксиологического анализа механизмов принятия решений // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 3 (41). С.183-189.

4. Солсо Р.Л. Когнитивная психология. – М.: Тривола, 1996. – 235 с.

5. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Демехин Ф.В. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара // Москва. Академия ГПС. 2009. – 111 с.

6. Артамонов В.С., Круглеевский В.Н., Скороходов Д.А., Поляков А.С. Судовые системы пожарной сигнализации: От прошлого – в будущее. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС, 2013. – 174 с.

7. Калинин В.А. Интеллектуальные системы контроля температуры и силы на базе пассивных датчиков на ПАВ. URL: http://www.mirexpo.ru/exhibitions/download/ presentation_avangard.pdf (дата обращения 12.09.2019).

8. Круглеевский В.Н., Образцов И.В. Анализ возможности применения беспроводных систем сигнализации и контроля пожарной безопасности технических средств кораблей на основе технологии радиочастотной идентификации // H&ES Research. Наукоемкие технологии в космических исследованиях земли. 2016. Т. 8. № 3. С. 41-48.

УДК 614.842/.847

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ ТЕКУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВ ДОБЫЧИ ОСНОВНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Булатов Вячеслав Олегович *– кандидат технических наук, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз*

Гайдукевич Александр Евгеньевич *– старший инженер-программист отдела информатизации и программирования, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

Кочережникова Александра Олеговна *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В работе обосновывается необходимость обеспечения пожарной безопасности на транспорте в условиях прохождения «пика нефти», анализируются современные технологии в области альтернативных источников энергии, предлагаются пути решения проблем обеспечения пожарной безопасности.

Ключевые слова: пик нефти, транспорт, электромобили, газобаллонное оборудование, газогенераторные автомобили, биодизель, биоэтанол.

FIRE SAFETY ON TRANSPORT AGAINST THE BACKDROP OF CURRENT TERMS AND PROSPECTS OF THE MAIN ENERGETIC RESOURCES EXTRACTION

Bulatov Vyacheslav O. – Ph.D., Assosiate Professor forensic and engineering expertise

Gaydukevich Alexandr Ye. – senior software engineer of informatization and programming department, post-graduate student

Kocherezhnikova Aleksandra O. – adjunct of the faculty of training highly qualified personnel

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The necessity of fire safety support on trasport is substantiated against the backdrop of «peak oil» passing. Modern technologies in the field of alternative energy sources are analyzed. The solutions of fire safety support problems are proposed.

Keywords: peak oil, transport, electric car, compressed gas equipment, gas-produced vehicle, biodisel, bioethanol.

В настоящее время человеческая цивилизация, построена вокруг «нефтяного изобилия», причём изобилия легкодоступных углеводородов. Но так было не всегда, и, хуже того, такое положение дел не вечно. Различные исследователи спорят о дате прохождения т.н. «пика нефти» на планете. Некоторые из них утверждают что пик уже был пройден примерно в 2005–2015 годах (рисунок 1, рисунок 2 [1]) и ныне маскируется посредством учёта различных «суррогатных» субстанций в общем объёме, другие исследователи утверждают что до «пика нефти» ещё от 20 до 40 лет.

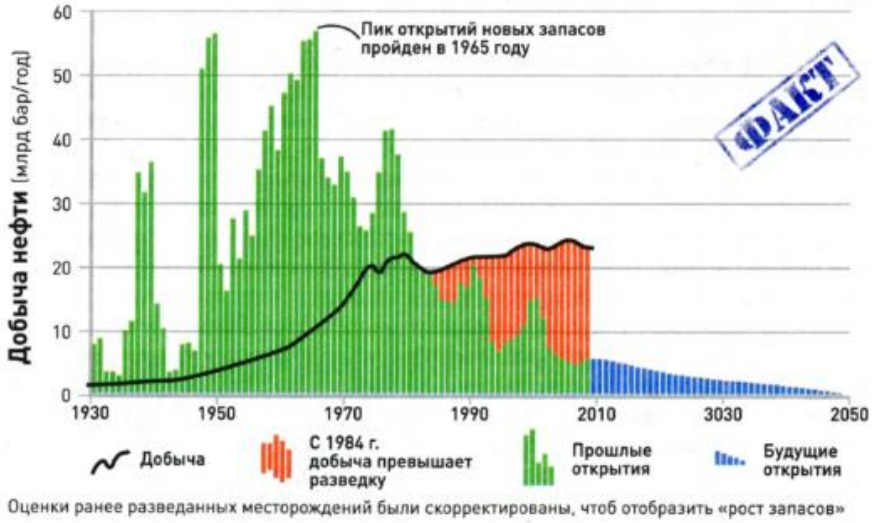


Рисунок 1 – Графическое изображение расхождение между добычей и разведкой новых природных месторождений нефти (1930–2050) по данным исследований А.Анпилогова [1]

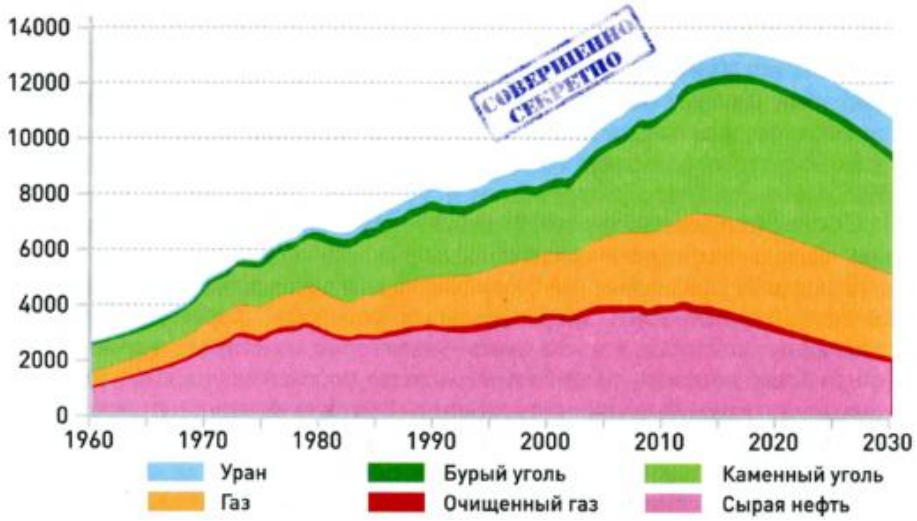


Рисунок 2 – График добычи различных видов топлива в мире [1]

По сути, это ничего не меняет в «генеральной линии» развития нашей цивилизации. Привычному положению дел на транспорте с засилием двигателей внутреннего сгорания,

потребляющих мазут, дизельное топливо, бензин и (авиа)керосин приходит неотвратимый конец. Эти машины и двигатели не исчезнут в одночасье, более того, многие из них могут после не очень значительных измений «остатья в строю». В нашей стране лица, принимающие решения, по-видимому, хорошо осведомлены о действительном положением дел. Масштабная программа Российской Федерации по освоению шельфа Северного Ледовитого океана [2] нацелена, прежде всего, на добычу и транспортировку углеводородов. С другой стороны, Правительство Российской Федерации проводит системную работу по внедрению и популяризации газового топлива на транспорте [3]. Таким образом, будущее транспортной отрасли стоит за массовым внедрением новых и «хорошо забытых старых» видов топлив (источников энергии) и типов двигателей, среди которых можно выделить:

- транспорт с использованием газового топлива;
- электромобили;
- газогенераторные автомобили;
- биодизель;
- биоэтанол.

Современная пожарная безопасность на транспорте обеспечивается многолетними усилиями науки, промышленности и различных контролирующих органов по проведению исследований, разработке и внедрению комплекса организационных и технических мер, с учётом накопленного опыта внедрения различных технических решений, а также аварий и катастроф. Десятилетиями отбраковывались неудачные технические и организационные решения и совершенствовались технологические процессы производства.

Что же происходит сейчас? Под лозунгами борьбы за экологию, экономию и внедрение инновационных технологий, на рынок транспортных средств выходят новые игроки, не имеющие достаточного опыта в области транспорта. Такие компании могут делать ставку на внедрение новых технологий под громкими рекламными лозунгами без проведения достаточных исследований и испытаний, включающих в т.ч. проведение исследований в области пожарной безопасности. Эти компании и частные лица при этом часто пользуются пробелами в нормативно-правовом регулировании новых сфер пожарной безопасности.

Наиболее опасными, на наш взгляд, являются транспортные средства с использованием газового топлива и электромобили. Это объясняется тем что газовое топливо в случае утечки может вызывать серьёзные взрывы, опасные как для самого автомобиля, так и для здания (сооружения) в котором он находится. Печально констатировать что, как правило, автомобили с газовым оборудованием не оснащены никакими датчиками утечки газа кроме носа их владельца.

С пожарной безопасностью электромобилей дела обстоят также не слишком хорошо т.к. их аккумуляторные батареи обладают высочайшей пожарной опасностью и, в силу конструктивных особенностей автомобилей и самих аккумуляторных батарей, труднодоступны для подачи тушащих средств.

Например, электромобили фирмы «Тесла», считающейся флагманом в этом секторе транспорта, горят и взрываются даже без видимых внешних воздействий. Аккумуляторная батарея «в сборе» имеет массу порядка 800 кг, расположена под днищем между передними и задними колёсами автомобиля (под пассажирским салоном) что, в сочетании с инновационной конструкцией дверных ручек и дверей, неоднократно приводило к гибели водителей и их пассажиров от продуктов горения (газов) и огня [4-6].

По сути, аккумуляторные батареи на основе лития нечем тушить. Инструкция фирмы «Тесла» требует чтобы пожарные наблюдали за потушенными автомобилями ещё не менее чем двух-трех суток на предмет повторных возгораний. Типичным для современных электромобилей является также фактическая невозможность их обесточить в случае дорожно-транспортного происшествия или пожара.

Для условий эксплуатации в России, также характерным является покупка электромобилей с большим пробегом (исчерпанным ресурсом аккумуляторных батарей) и установка в полностью электрические автомобили нештатных отопительных приборов для

отопления пассажирского салона и подогрева аккумуляторных батарей (например, Webasto) и нештатных топливных баков [7,8], для которых в конструкции автомобиля не предусмотрено места для установки (рисунок 3).

а) б)

Рисунок 3 – Аккумуляторная батарея электромобиля Тесла: а) в сборе (верхняя крышка снята); б) маркировка акб Тесла, дающая представление о хранящемся в батарее заряде [9]

Внедрение новых видов топлива (источников энергии), на наш взгляд, требует целого комплекса мероприятий по пожарной безопасности, а именно:

1) уточнение правил эксплуатации и обслуживания транспортных средств (включая периодичность технического обслуживания и дополнительное обучение эксплуатантов);

2) уточнение требований по пределам огнестойкости и взрывостойкости конструкций зданий и сооружений, предназначенных для хранения и обслуживания транспортных средств;

3) уточнение правил энергоснабжения и эксплуатации зданий и сооружений с точки зрения появления новых потребителей (электромобилей), радикально, повышающих нагрузки в сети;

4) уточнение методик расследования происшествий, связанных с пожарами и взрывами транспортных средств;

5) уточнение и разработка требований к транспортным средствам и разработка методик их испытания;

6) разработка и внедрение пожарной сигнализации и средств оповещения людей и пожаротушения транспортных средств и мест их хранения (обслуживания).

Список литературы

1. Анпилогов А. Мир на пике – Мир в пике. – М.:Селадо, 2015. – 392 с.

2. Основные результаты работы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации за 2012–2017 годы». URL: http://government.ru/dep_news/32239/ (дата обращения 25.10.2019).

3. Об обеспечении выполнения поручения Президента России по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива 14 мая 2013 года. URL: http://government.ru/orders/selection/404/2993/ (дата обращения 25.10.2019).

4. В Южной Флориде водитель Tesla заживо сгорел в машине из-за автоматических дверей. URL: https://aftershock.news/?q=node/800385 (дата обращения 25.10.2019).

5. Машины Tesla горят после аварий, убивая пассажиров. URL: https://aftershock.news/?q=node/644397&page=1 (дата обращения 25.10.2019).

6. Размышления об электромобилях и пожарной безопасности. URL: https://aftershock.news/?q=node/611157 (дата обращения 25.10.2019).

7. О чем говорят владельцы бюджетных электромобилей (продолжение: опыт эксплуатации в -35 и ниже, и т.д.)). URL: https://aftershock.news/?q=node/715260 (дата обращения

25.10.2019).

8. Эксплуатация электромобилей в Сибири: как далеко можно уехать на Nissan Leaf зимой?. URL: https://www.drom.ru/info/misc/nissan-leaf-winter-siberia-59956.html (дата обращения 25.10.2019).

9. Pics/Info: Inside the battery pack. URL: https://teslamotorsclub.com/tmc/ threads/pics-info-inside-the-battery-pack.34934/ (дата обращения 25.10.2019).

УДК 625.1: 656.2.022.846

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Джаббаров Саидбурхан Тулаганович *– доктор технических наук, профессор кафедры строительства железных дорог, путей и путевого хозяйства*

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Аннотация. Приведены результаты теоретических исследований характера распределения скорости воздушных потоков; установления аэродинамического давления вблизи скоростного поезда, определения максимально-допустимых скоростей движения скоростных поездов с учетом технического состояния объектов инфраструктуры существующей железной дороги, обеспечивающих безопасное функционирование инфраструктуры скоростной железной дороги.

Ключевые слова: скоростное движение, аэродинамическое давление, безопасность движение, максимально-допустимая скорость.

THE ISSUE OF ENSURING SAFE OPERATION OF HIGH-SPEED RAILWAY INFRASTRUCTURE

Djabbarov Saidburkhan T. – Doctor (DSc) of Technical Sciences, Professor of the Department Construction of Railways, track and track facilities

Tashkent Institute of Railway Engineers

Abstract. The results of theoretical studies of the nature of the distribution of air velocity; establishing aerodynamic pressure near the high-speed train, determining the maximum permissible speeds of high-speed trains, taking into account the technical condition of the infrastructure facilities of the existing railway, ensuring the safe operation of the infrastructure of the high-speed railway.

Keywords: high-speed movement, aerodynamic pressure, safety movement, maximum permissible speed.

Скоростное движение пассажирских поездов с использованием инфраструктуры существующих линий может быть организовано после масштабной реконструкции и модернизации постоянных устройств и сооружений существующей инфраструктуры, где максимально-допустимые скорости движения высокоскоростного поезда – $V_{\max i}$ устанавливаются исходя из технического состояния каждого i-го объекта.

Одним из основных условий организации скоростного и высокоскоростного движения является обеспечения безопасности движения поездов и его пассажиров; цельности, сохранности и бесперебойного функционирования всех систем и объектов инфраструктуры железной дороги. При движении со скоростями свыше 160 км/ч существенно меняется характер

воздушных потоков вокруг скоростных поездов, скорость вторичных воздушных потоков и аэродинамическое давление вблизи движущегося поезда, которое оказывает негативное влияние на безопасное функционирование инфраструктуры высокоскоростной железной дороги.

Вторичные воздушные потоки, возникающие при движении поезда с высокой скоростью, оказывает на рассматриваемый i-ый объект аэродинамическое давление величиной $P_{\max i}$. При этом существующее техническое состояние данного объекта может воспринять воздействие (давление) с максимально-допустимым значением не более $P_{\max - доni}$.

Если, рассматривать аэродинамическое воздействие на людей и объекты инфраструктуры железной дороги, как один из основных критериев безопасности, то для его обеспечения должно быть выполнено следующее условие

$$P_{\max i} \le P_{\max - доni} \tag{1}$$

С целью обеспечения условия (1) необходимо установить величину максимально допустимой скорости скоростного поезда $V_{\max - доni}$ при котором аэродинамическое давление на данный i-й объект не превышает установленного значения $P_{\max - доni}$.

Таким образом, задача определения значения аэродинамического воздействия $P_{\max i}$ на i-й объект, при движении высокоскоростного поезда со скоростью $V_{\max i}$ сводится к определению скорости вторичного воздушного потока $v_{\max - доni}$ непосредственно у рассматриваемого i-го объекта (рисунок 1), обеспечивающее выполнения условия (1).

При известном значении максимально-допустимой величины воздействия $P_{\max - доni}$, которую может воспринять данный объект, в соответствии с законом Бернулли «о зависимости изменения давления от скорости потока», можно установить максимальное значение скорости воздушного потока, соответствующее данному значению аэродинамического давления, т.е.

$$v_{\max - доni} = \sqrt{\frac{2\Delta P_{ni}}{\rho}} \tag{2}$$

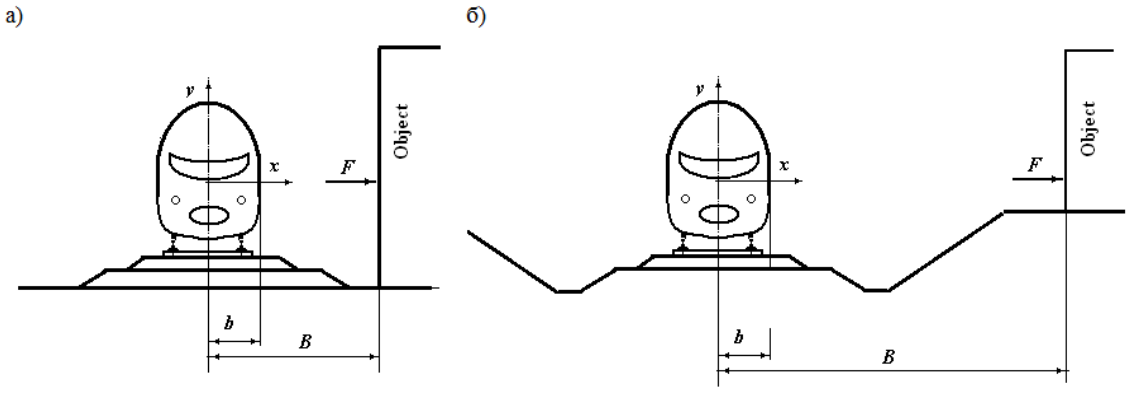


Рисунок 1 – Расчетные схемы расположения высокоскоростного поезда и объектов (а – в насыпи; б – в выемке).

Поиск решения поставленной задачи сводится к определению скорости воздушного потока $v_{\max - доni}$, следовательно величины максимально допустимой скорости скоростного поезда $V_{\max - доni}$ при котором выполняется условие (1).

Исследование распределения скорости вторичного воздушного потока вокруг движущегося высокоскоростного поезда произведено имитированием его движения как осесимметричного тела с формой головной и хвостовой части в виде оживало (или конуса) в сжимаемой (акустической) среде [1-3]. Положение тел в полупространстве и в произвольном сечении z представлено на рисунке 2.

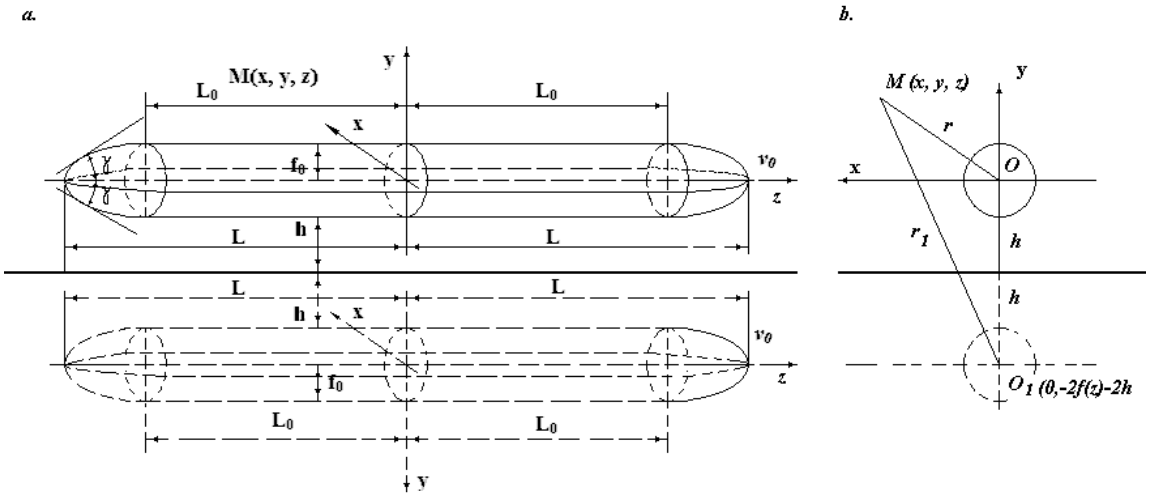


Рисунок 2 – Схема движения осесимметричного тела в полупространстве (а) и расположения сечений основного и фиктивного тела (б)

По результатам расчетов с использованием компьютерной графики построены кривые изменения скорости потока воздуха при прохождении высокоскоростного поезда. На рисунке 3 представлены графики изменения скорости потока воздуха при прохождении высокоскоростного поезда, соответствующие расчетной схеме приведенной на рисунке 1.

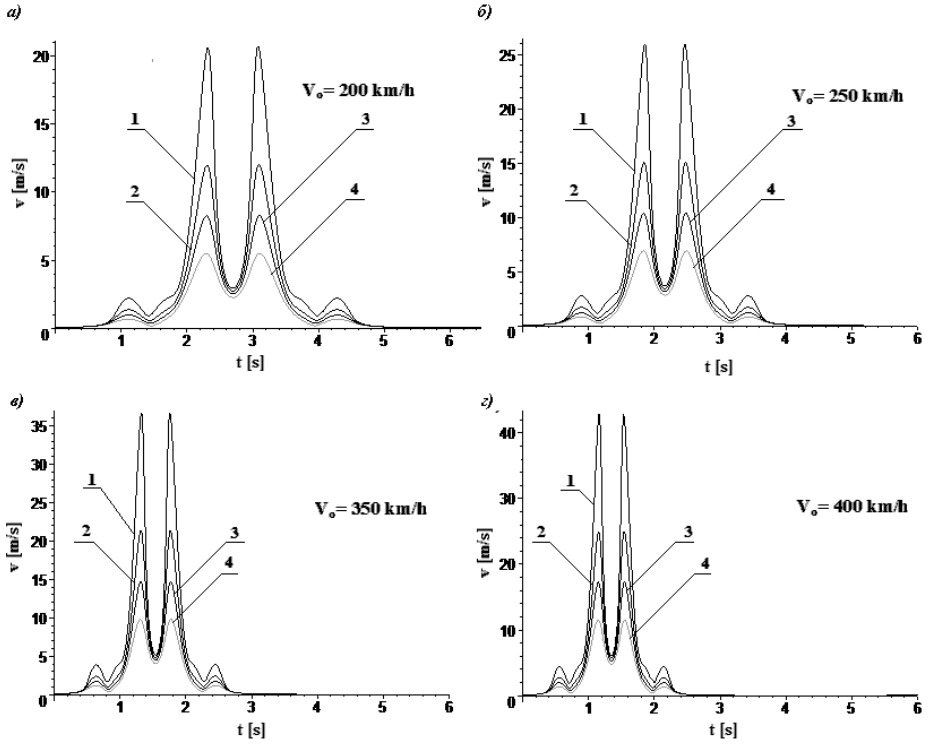


Рисунок 3 – Графики изменения скорости воздушного потока и избыточного давления вдоль движущегося тела на различных расстояниях (1- 3,55 м.; 2 – 6,0 м.; 3 – 8,0 м.; 4 – 10,0 м)

В качестве примера рассмотрено тело вращения, начальные и конечные участки которого являются оживало [3]. В расчетах принято $L = 200м$, $L_0 = 175м$,

$v_0 = 200,250,350,400 км/час$, поперечное сечение движущегося тела рассмотрено в качестве круга радиусом $R = 2м$, которая по площади соответствует поперечному сечению поезда шириной 3,0 м и высотой 4,0 м, т.е. 12 м^2.

С использованием данных графиков можно построить кривые зависимости величины аэродинамического давления от скорости движения поездов и расстояния до рассматриваемой точки $P_{max} = f(V_{max}, y)$ (рисунок 4).

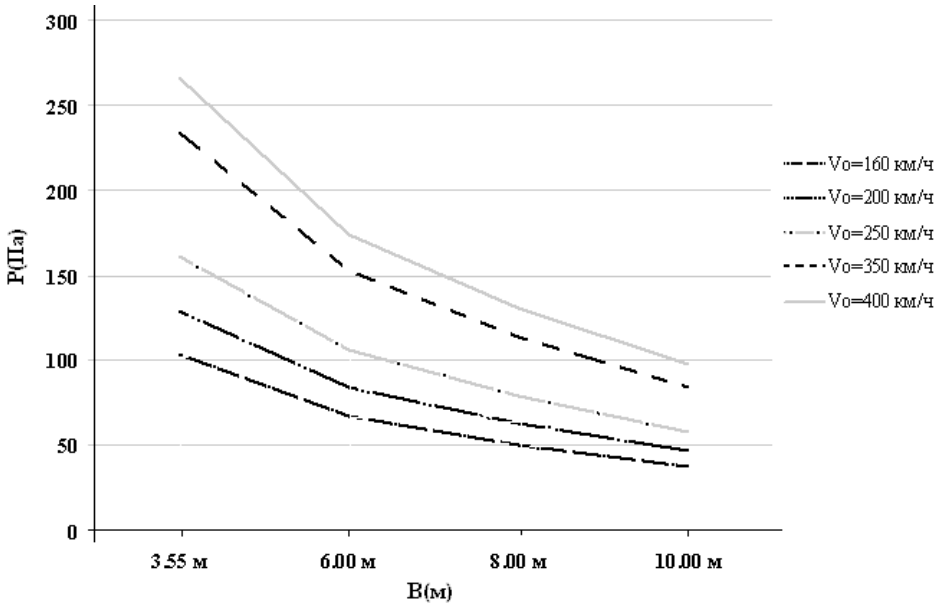


Рисунок 4 – Изменение избыточного давления в зависимости от скорости и расстояния до оси движущегося тела

Полученные кривые зависимости $P_{max} = f(V_{max}, y)$ позволяют установить максимально-допустимые скорости движения высокоскоростных поездов с учетом технического состояния существующей инфраструктуры железных дорог.

Предлагаемый метод может быть использованы в практике проектирования высокоскоростного движения поездов как на существующих, так и на вновь строящихся железных дорогах.

Список литературы

1. Djabbarov S. Pressure to railway infrastructure from the high-speed train movement // Conference International Transportation Geotechnics and Geoecology, TGG 2017, St. Petersburg, Russia 17-19 May 2017, Procedia Engineering 189 (2017) 554-559.

2. Джаббаров С.Т. Исследование аэродинамического давления при прохождении высокоскоростного поезда // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского Национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – Днепропетровск. 2016. № 5 (65). С. 92-100.

3. Djabbarov, Saidburkhan (et al.) Potential and Problems of the Development of Speed Traffic on the Railways of Uzbekistan // Transport Systems and Delivery of Cargo on East–West Routes. Editors: Sladkowski, Aleksander (Ed.) Springer International Publishing. Series Volume 155. 2018. P. 369-421.

УДК 355/359

СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ОБЪЕКТОВ В СЛУЧАЯХ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ

Буянов Михаил Сергеевич *– кандидат военных наук, доцент, профессор кафедры общей тактики и общевоенных дисциплин*

Фискевич Александр Сергеевич *– кандидат военных наук, доцент кафедры общей тактики и общевоенных дисциплин*

Дюков Александр Владимирович *– старший преподаватель кафедры общей тактики и общевоенных дисциплин*

Военный институт Железнодорожных войск и военных сообщений
ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. В работе рассматривается степень и характер поражения железнодорожных объектов в случаях нанесения ударов по ним различными средствами поражения, включая применение высокоточного оружия, путём анализа из открытых источников

Ключевые слова: железнодорожная сеть, участки пути, степень разрушения, повреждения сети железнодорожного транспорта, активные химические опасные вещества, барьерные объекты, верхнее строение пути, управляемые авиабомбы.

THE DEGREE OF DESTRUCTION OF RAILWAY BUILDINGS AND FACILITIES IN CASES OF USE OF WEAPONS

Buyanov Mikhail S. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of General tactics and General military disciplines

Fiskevich Alexander S. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor of the Department of General tactics and General military disciplines

Dyukov Alexander V. – Senior Lecturer of the Department of General tactics and General military disciplines

Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev
Military Academy of Logistics

Abstract. The paper considers the degree and nature of the destruction of railway facilities in cases of strikes on them by various means of destruction, including the use of precision weapons, by analyzing from open sources.

Keywords: railway network, track sections, degree of destruction, damage to the railway transport network, active chemical hazardous substances, barrier objects, the upper structure of the track, guided bombs.

Военно-политическая обстановка в современном мире показывает, что все чаще для решения межгосударственных противоречий продолжает использоваться военная сила [1].

В современных условиях роль и значение железнодорожного транспорта в общей системе транспортной безопасности России, в обеспечении воинских, мобилизационных и эвакуационных перевозок, жизнедеятельности страны в военное время приобретают особую актуальность. Учитывая географические и метеорологические условия нашей страны, транспортное обеспечение развертывания группировок войск в любом её регионе может проводиться в основном с использованием имеющейся сети железных дорог. Железнодорожный транспорт способен обеспечить массовые перевозки в ограниченные сроки независимо от времени года и суток. Это определяет его ведущую роль в транспортной системе при осуществлении оперативных перевозок и организации подвоза материальных средств.

Успех современных операций ставится в зависимость от железнодорожных перевозок, а, следовательно, противник предпримет максимальные усилия по их срыву.

По концепции воздушно-наземной операции потенциальный противник предполагает достичь целей операции за счет воздействия на критически важные объекты и, в первую очередь, на объекты железнодорожной инфраструктуры, которые обеспечивают перегруппировку войск (сил) [2].

По мнению американских специалистов, воздействие средств поражения на объекты сети железных дорог в современной военно-политической обстановке предусматривается в виде массированных, групповых или одиночных ракетно-авиационных ударов (МРАУ) обычными (высокоточными, управляемыми и неуправляемыми) средствами поражения с целью нарушения управления, поражения ядерных средств и ПВО, сил и средств Вооруженных Сил в районах сосредоточения, уничтожение экономического потенциала страны или нанесение ему значительного ущерба, разрушение барьерных объектов железнодорожной сети с целью сорвать выдвижение группировок войск.

Железнодорожная сеть с объектами и сооружениями на ней (узлы, мосты, тоннели и плотины водохранилищ и (ГЭС), являются для вероятного противника целями поражения. Исходя из характеристик высокоточного оружия вероятного противника, тактики нанесения массированных ракетно-авиационных ударов, а также вероятности поражения цели можно ожидать следующий характер разрушения железнодорожных объектов при ведении боевых действий обычными средствами поражения.

Железнодорожные узлы, станции и участки пути

Поражение железнодорожного узла заключается в разрушении технических сооружений станций, входящих в узел, поэтому в первую очередь необходимо определить характер и объемы разрушений станций.

Исходя из характеристик высокоточных боеприпасов (массой до 500 кг.), следует ожидать, что верхнее строение пути (ВСП) в пределах радиуса разрушения от взрыва боеприпаса (УАБ, КРВБ, КРМБ и др.) будет выведено из строя полностью. Рельсы и шпалы будут иметь изломы, трещины и деформированы. В земляном полотне (ЗП) образуются воронки [3].

При сильном разрушении верхнее строение пути ВСП от ядерного взрыва путевая решетка сбрасывается, рельсы отрываются от шпал и деформируются, восстановление возможно путем замены новой путевой решеткой на всем разрушенном участке. При среднем – рельсы отрываются от шпал, сбрасываются и деформируются, шпалы, как правило, остаются на месте, восстановление возможно путем замены части шпал и укладки новых рельсов. При слабом – имеет место наддергивание костылей, ослабление (повреждение) стыковых соединений и частичная сдвижка путевой решетки, восстановление возможно путем ремонта пути. ВСП будет также завалено обломками зданий и подвижным составом [4]. Не исключены более серьезные разрушения, если на станции в момент налета (нанесения удара), находится подвижной состав, особенно с взрывоопасными, легко воспламеняющимися и горючими жидкостями, а также активными химическими опасными веществами (АХОВ). В этой ситуации характер разрушения (сильные пожары, зоны заражения и т.п.) зависит от количества и вида опасных грузов и их особенностей. Степень разрушения ВСП от обычных средств поражения определяется количеством воронок на железнодорожном участке. При сильном разрушении на всем разрушенном участке необходимо почти полностью заменить путевую решетку, а при среднем – объем путевых работ от 30 до 70% его длины, а при слабом – менее 30% [5].

Железнодорожные мосты

Высокая значимость железнодорожных мостов при подготовке и проведении современных операций, предопределяет повышенное внимание противника к решению задач по их разрушению.

Точное знание противником координат и характеристик данных объектов, а также характерных ориентиров местности (река, ЗП и ВСП) делают их самыми уязвимыми из всех железнодорожных объектов. Большая контрастность пролетных строений (ПС) мостов в ви-

димом, инфракрасном и радио диапазонах, позволяет противнику уверенно проводить доразведку цели и точно наносить по ним удары. В то же время мосты обладают достаточной степенью защищенности, допускающей их разрушение только при прямом нападении высокоточного боеприпаса (соответствующего калибра) в расчетную полосу цели.

Разрушение мостов предполагает поражение ВТО боеприпасом, в первую очередь, ПС имеющие большую длину и поддерживающих их опор, как более контрастных частей цели на фоне местности. Следует ожидать, что ПС и опоры в пределах границ разрушения от взрыва боеприпаса будут приведены в полную негодность. Действие на ПС ударной волны приведет к их сбрасыванию и обрушению. При *сильном* разрушении моста считается, что будут разрушены все его элементы. Восстановление при полном и сильном разрушении возможно только на обходе, при *среднем* – разрушена часть элементов моста, его восстановление возможно по старой оси или на обходе; при *слабом* – разрушены отдельные, наиболее слабые элементы моста, его восстановление возможно по старой оси путем усиления поврежденных элементов.

Разрушение зданий и сооружений

При *сильном* разрушении все их элементы разрушены и обрушены, использование зданий и сооружений невозможно. При *среднем* разрушении – разрушены части стен и перекрытий верхних этажей, образовались трещины в стенах и деформации в перекрытиях нижних этажей. Возможно ограниченное использование сохранившихся подвалов после расчистки входов. При *слабом* разрушении – разрушены главным образом второстепенные элементы зданий: крыша, кровля, перегородки, оконное и дверное дополнения. Перекрытия, как правило, не обрушаются, подвалы сохраняются, помещения пригодны для использования [6,7].

Устройства связи и СЦБ

На узлах, станциях и разъездах ожидаются разрушения магистральных, местных, стрелочных, сигнальных, воздушных и кабельных линий, кабельных колодцев, шкафов и других устройств связи (радиорелейных станций), линейных и станционных сооружений автоблокировки, диспетчерской централизации, полуавтоматической блокировки, систем централизации на станциях, а также опоры и контактная сеть на электрифицированных участках. Наибольшие объемы разрушений следует ожидать на железнодорожных объектах, расположенных в глубине обороны, так как существенно возрастает воздействие от самолетов стратегической авиации (СА) (В-52, В-1В, В-2В), способных за один вылет доставить к цели десятки УАБ и КРВБ большой мощности.

Плотины водохранилищ и ГЭС

С возрастанием значения гидроэнергетики в народном хозяйстве страны все более усиливается стратегическая роль гидроузлов, которые, безусловно, будут являться самостоятельными целями ракетно-ядерного нападения. Наряду с большими разрушениями крупных административных, промышленно-экономических центров, других важных объектов от массированного воздействия вероятного противника, будет оказано воздействие на плотины водохранилищ и ГЭС, которые не только вызовут катастрофическое затопление огромных территорий, но и нанесут значительный ущерб хозяйству страны, в том числе и железнодорожному транспорту (ЖДТ), создаст барьерные места и длительные перерывы в работе ряда железных дорог [8]. При разрушении плотин прорывными паводками наносятся следующие повреждения сети ЖДТ: размыв и подтоплениеобъектов и сооружений ЖДТ; подмыв устоев и промежуточных опор моста, обрушение ПС; затопление станционных площадок, подвалов и подземных коммуникаций связи и централизации; большие временные отрезки спада воды прорывного паводка.

Таким образом, материалы данной статьи и рассматриваемые вопросы нашли отражение в проведенных исследованиях по прогнозированию воздействия прорывных паводков на объекты дорог. Исследования проводились институтом «Гидропроект» имени С.Я. Жука, ВНИИЖТ совместно с железными дорогами по заказу Главного специального управления ОАО «РЖД».

Список литературы

1. Буянов М.С., Федорченко А.А., Фискевич А.С. Угрозы транспортной безопасности // Специальная техника и технологии транспорта – 2019: Сборник научных статей. ВИ (ЖДВ и ВОСО) ВА МТО. Санкт-Петербург. Петергоф. 2019. С. 150-154.

2. Буянов М.С., Федорченко А.А., Фискевич А.С. Характер разрушения железнодорожных объектов в условиях применения современных средств поражения // Специальная техника и технологии транспорта – 2019: Сборник научных статей. ВИ (ЖДВ и ВОСО) ВА МТО. Санкт-Петербург. Петергоф. 2019. С. 66-70.

3. Буянов М.С., Федорченко А.А., Фискевич А.С. Пути внедрения передового опыта войск в образовательный процесс // Специальная техника и технологии транспорта – 2019: Сборник научных статей. ВИ (ЖДВ и ВОСО) ВА МТО. Санкт-Петербург. Петергоф. 2019. С. 186-189.

4. Романов Н.Н., Яшин М.Г., Пантелеев Р.А. Оценка пропускной способности железнодорожных направлений с использованием экспериментальной факторной математической модели // Транспорт Урала. 2017. № 4 (55). С. 40-48.

5. Никитин А.Б., Яшин М.Г., Пантелеев Р.А. Транспортабельные модули электрической централизации как средство восстановления систем управления движения поездов // Автоматика на транспорте. 2015. № 2. С. 127-142.

6. Яшин М.Г. Вопросы безопасности железнодорожных транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. С. 162-165.

7. Махонько В.П., Фомин А.А., Чистилин И.И. Проблемные вопросы организации погрузки (выгрузки) войск на железнодорожном транспорте // Наука и военная безопасность. 2017. № 2 (9). С. 56-60.

8. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4–й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 13-20.

УДК 51-74

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО МЕТОДА

Литовченко Ирина Олеговна *– кандидат технических наук, преподаватель, методист отдела планирования учебного процесса*

Песоцкий Александр Васильевич *– начальник отдела планирования учебного процесса учебно-методического центра*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В данной статье рассматриваются способы определения уровня безопасности объектов железнодорожного транспорта при возникновении чрезвычайных ситуаций с использованием математических методов.

Ключевые слова: математическое моделирование, стохастические модели, логико-вероятностный метод, логистическая функция, вероятностная функция, безопасность, железнодорожный транспорт, алгоритм, чрезвычайная ситуация.

SAFETY ASSESSMENT OBJECTS OF RAILWAY TRANSPORT WITH THE APPLICATION OF THE LOGIC-PROBABLE METHOD

Litovchenko Irina O. – Ph.D., Teacher-Methodologist of the Department of planning the educational process

Pesotsky Alexandr V. – Head of the Department of planning the educational process of the training center

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. This article discusses how to determine the level of safety of railway transport facilities in emergency situations using mathematical methods.

Keywords: mathematical modeling, stochastic models, logical-probabilistic method, logistic function, probabilistic function, safety, railway transport, sequence, emergency.

При возникновении чрезвычайной ситуации на объектах железнодорожного транспорта практически невозможно определить ход и скорость её развития [1,2].

Для анализа связей между развитием процессов распространения опасных факторов, сопутствующих развитию чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте, физическими особенностями окружающей среды и случайными факторами, входящими в сценарий развития ЧС, можно использовать различные способы математического моделирования [3].

Математическая модель представляет собой формализованное описание системы на некотором абстрактном языке, например, в виде совокупности математических соотношений или схемы алгоритма [4], т.е. такое математическое описание, которое обеспечивает имитацию работы систем на уровне, достаточно близком к их реальному поведению, получаемому при натурных испытаниях систем.

В решение практических задач математическими методами последовательно осуществляется формулировка задачи, выбор метода исследования, выбор анализа полученного математического результата. Описание объекта (процесса, явления) может быть представлено детерминированными или стохастическими математическими формами. Закономерности развития чрезвычайных ситуаций так же можно рассматривать с применением теории перколяции и логико-вероятностного метода [5-7]. При использовании логико-вероятностного метода [7] для оценки уровня безопасности объекта железнодорожного транспорта необходимо представить рассматриваемый объект в виде сложной системы.

Для решения задач безопасности на объектах железнодорожного транспорта предлагается провести системный анализ исследуемого объекта, в ходе которого: максимально конкретизировать и четко представлять суть опасного состояния; ограничить объект исследования разумными пределами: пространственные границы, дробление системы на элементы; необходима строгая логика перебора возможных ситуаций при составлении сценария развития событий. В дальнейшем строится логическая схема, содержащая все возможные сценарии развития чрезвычайной ситуации на объекте хранения и обслуживания железнодорожного транспорта. По данной экспертной логической схеме строится логическая функция, аргументами которой являются события, являющиеся исходными, т.е. присутствующие в сценарии. Таким образом, проведение расчетно-аналитических исследований развития чрезвычайной ситуации можно разбить на последовательные этапы [7,8]:

1. Этап анализа путей развития чрезвычайной ситуации.

2. Этап формирования сценария аварии, являющейся её следствием.

3. Этап разработки логических схем развития аварии (в качестве элементов схемы выступают факторы случайные из сценария, т.е. происходящие с системой при развитии аварии).

4. Этап построения логистической функции на основании построенных логических схем. Элементами (аргументами, переменными) этой функции будут, является элементы логических схем, т.е. события, происходящие с системой при развитии аварии.

После выявления всех сценариев возможных аварий (построения логистической функции) производится оценка вероятности их реализации. Далее проводится оценка воздействий факторов опасности на объект для каждого из возможных сценариев и всех их со-

вокупности путем перевода логистической функции в вероятностную функцию. Входящие в вероятностную функцию значения вероятностей происхождения инициирующих возникновения чрезвычайной ситуации событий и учет факторов, сопровождающих развитие чрезвычайной ситуации на объектах железнодорожного транспорта, определяют в дальнейшем уровень безопасности рассматриваемых объектов.

Таким образом, логико-вероятностный аппарат может быть использован для реализации методики определения уровня безопасности объектов железнодорожного транспорта.

Список литературы

1. Галишев М.А., Моторыгин, Ю.Д. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 59-64.

2. Галишев М.А., Мирясов Е.Ю. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на основе вероятности их проявления // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2013. № 2. С. 77-87.

3. Шкрабак В.С., Шкрабак Р.В. Динамика пожаров, их материальных последствий в стране за 2011-2015 годы и пути снижения и ликвидации // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 34. С. 52-57.

4. Литовченко И.О., Моторыгин Ю.Д., Гречуха Н.М. Процесс управления и принятия решения стохастическими методами в условиях чрезвычайных ситуаций // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. № 4. С. 67-69.

5. Абразумов О.В., Белобратова В.П., Моторыгин Ю.Д., Литовченко И.О. Моделирование чрезвычайных ситуаций на транспорте с помощью конечных цепей Маркова // Сервис безопасности в России. – М.: МГЮА. 2009. С. 53-56.

6. Абдулалиев Ф.А., Моторыгин Ю.Д., Грачев Е.В. Перколяционная модель развития пожара // Проблемы управления риском в техносфере. 2012. № 1. С. 25-33.

7. Литовченко И.О. Методика обеспечения пожарной безопасности на открытый автостоянках: дис. … к-та техн. наук 05.26.03. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2018. – 133 с.

8. Ловчиков В.А., Моторыгин Ю.Д., Литовченко И.О. Стохастическая модель процесса возникновения горения // Системы безопасности – 2011: материалы XX научно-практической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России. 2011. С. 114-117.

УДК 624.19; 625.1; 629.4; 614.84

О ПРОБЛЕМЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ И ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЯХ

Таранцев Александр Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

заведующий лабораторией проблем безопасности транспортных систем

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Шарапов Андрей Александрович *– заместитель начальника Департамента охраны труда, промышленной безопасности и экологического контроля*

ОАО «Российские железные дороги»

Васьков Виктор Тихонович *– кандидат технических наук, начальник отдела дежурной службы*

Аппарат Губернатора Санкт-Петербурга

Аннотация. Показана проблема тушения пожаров в железнодорожных тоннелях. Её актуальность на современном этапе обусловлена появлением новых образцов подвижного состава и новых средств и способов тушения пожаров. Это также делает необходимым разработку новой редакции нормативного документа – Рекомендации по тушению пожаров в железнодорожных тоннелях.

Ключевые слова: подвижной состав, железнодорожные тоннели, пожарная безопасность.

ON THE PROBLEM OF EXTINGUISHING FIRES AND CONDUCTING RESCUE OPERATIONS IN RAILWAY TUNNELS

Tarantsev Alexander A. – Ph.D., professor, professor of department of fire fighting organization and conduct of rescue operations

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

Head of Laboratory

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Sharapov Andrey A. – Deputy head Of the Department of labor protection, industrial safety and environmental control

JSC «RZD»

Vas`kov Victor T. – Ph. D., Head of the duty service office of the Governor of St. Petersburg

Abstract. The problem of fire extinguishing in railway tunnels is shown. Its relevance at the present stage is due to the emergence of new models of rolling stock and new means and methods of extinguishing fires. This also makes it necessary to develop a new version of the regulatory document-Recommendations for extinguishing fires in railway tunnels.

Keywords: rolling stock, railway tunnels, fire safety.

Железнодорожный транспорт (ЖДТ), включающий в себя подвижной состав [1], инфраструктуру [2] и др. объекты, является неотъемлемой частью экономики и социальной жизни общества в РФ и др. странах. Критически важной частью инфраструктуры ЖДТ являются тоннели, которые в России начли строиться почти одновременно с прокладкой железнодорожных путей.

Первый железнодорожный тоннель в России построен в 1862 г. в городе Ковно (длина 1,28 км). После него было сооружено множество тоннелей на железных дорогах Урала, Кавказа и Крыма.

По состоянию на начало XXI века на сети железных дорог России эксплуатировалось 162 тоннеля общей протяженностью 119 км. Наибольшее количество тоннелей сконцентрировано на Кругобайкальской железной дороге.

Самым длинным железнодорожным тоннелем в России считается Северо-Муйский тоннель, являющийся частью Байкало-Амурской магистрали и открытый 5 декабря 2003г. Тоннель имеет протяжённость в 15,3 км и проходит под Северо-Муйским хребтом (максимальная глубина 1,5 км), его строительство заняло 27 лет. Самым же длинным железнодорожным *подводным* тоннелем в РФ является тоннель под Амуром в Хабаровске (протяжённость подводной части 7,2 км), начавший строиться в 1937г. и пущенный в эксплуатацию в октябре 1942г. Этот тоннель эксплуатируется до сих пор.

В мире самым длинным считается японский тоннель Сейкан (общая длина 53, 85 км, длина подводного участка 23,4 км), открытый 13.03.1988 г. Ему немного уступает Евротоннель под Ламаншем (длина 51 км, открыт 06.05.1994 г.), но по длине подводного участка 39 км он является рекордсменом. Есть даже полуфантастический проект тоннеля под Атлантическим океаном.

Общая классификация тоннелей приведена на рисунке 1, виды некоторых железнодорожных тоннелей – на рисунке 2.

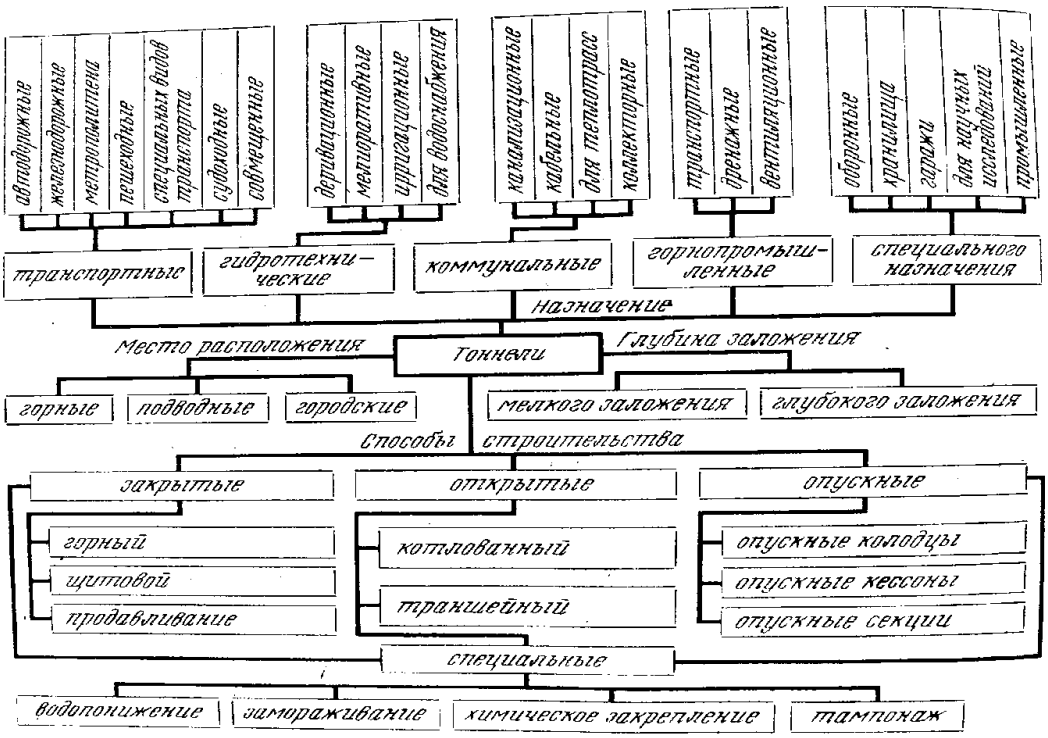
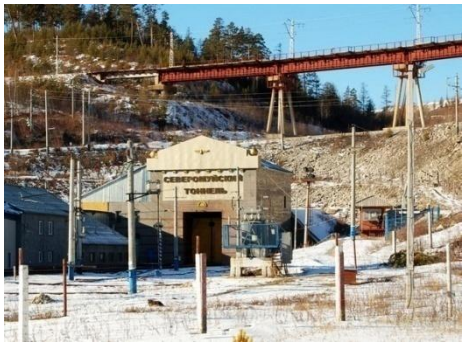


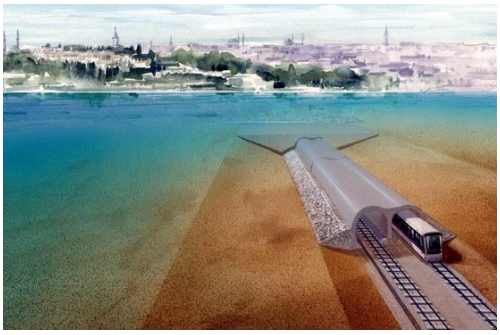
Рисунок 1 – Общая классификация тоннелей

а

б



в



г

Рисунок 2 – Железнодорожные тоннели (а – проходка тоннеля; б – двухпутный тоннель; в – Северомуйский тоннель на БАМе; г – тоннель Мармарай под Босфором)

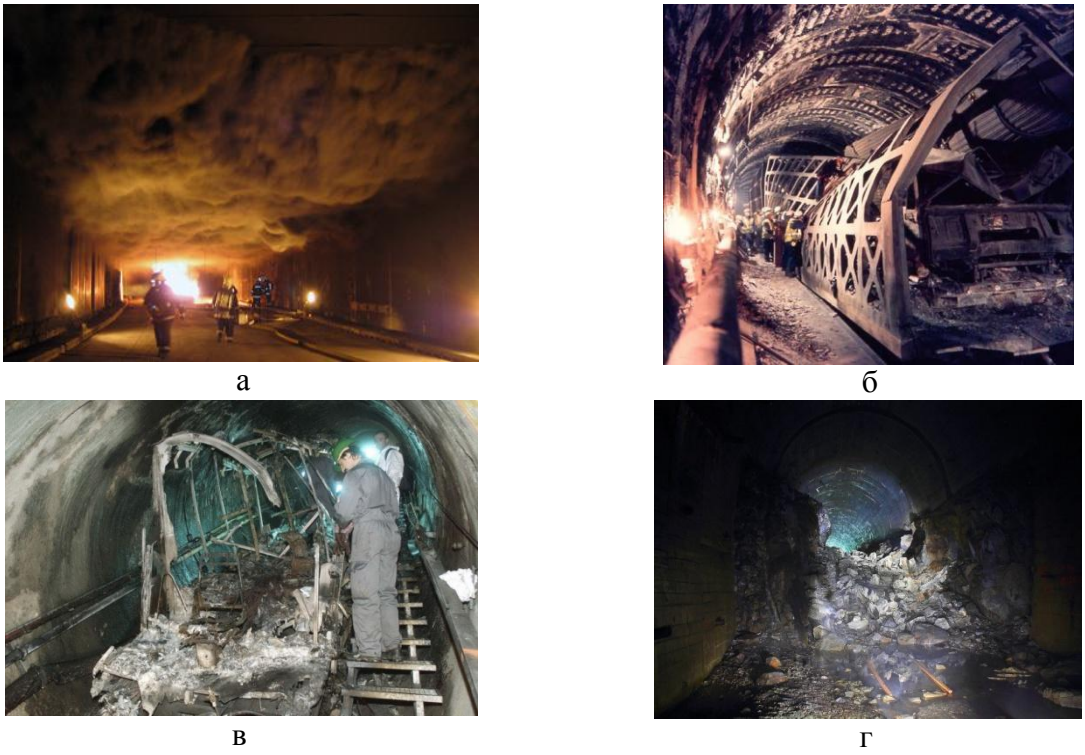
Одной из серьёзнейших опасностей для ЖДТ являются пожары, материальный ущерб и человеческие жертвы на которых могут быть значительными – на рисунке 3 показаны последствия пожаров в тоннелях. Особенности пожаров в тоннелях:

– быстрый рост опасных факторов [3] (прежде всего – температуры и задымления) в ограниченном пространстве тоннеля, слабом оттоке тепла и дыма;

– возникновение эффекта «тяги» – быстрого распространения пламени и продуктов горения;

– риск для жизни и здоровья людей (пассажиров, машинистов и других работников железной дороги) в тоннеле ввиду высокой температуры, отравления продуктами горения, потери видимости, недостатка кислорода, возможной паники;

– угроза разрушения (обрушения) конструкций тоннеля, возможность короткого замыкания силовых кабелей и разрушение других коммуникаций.



а б в г

Рисунок 3 – Пожары в тоннелях: а – ликвидация горения; б-г – последствия пожаров

Тушение пожаров в тоннелях всегда было связано с большими трудностями и риском как для людей, оказавшихся в это время в тоннеле, так и для самих пожарных. Тушение таких пожаров занимало длительное время, проводилось по повышенному номеру, сопровождалось проведением аварийно-спасательных работ (АСР) и требовало координации взаимодействия различных экстренных служб – МПС, пожарных ГПС МВД России, милиции, скорой медицинской помощи и др., для чего к 1994 г. был разработан и применялся специальный документ – Рекомендации по тушению пожаров в железнодорожных тоннелях [4].

Тем не менее, к настоящему времени в стране и на ЖДТ произошли радикальные изменения – вместо МПС были образованы ОАО «РЖД» и ФГП ВО ЖДТ России со своими юридическими и функциональными особенностями, пожарная охрана из МВД была передана в МЧС, милиция преобразована в полицию. На железной дороге появились газотурбовозы и газотепловозы, работающие на сжиженном природном газе, а также двухэтажные вагоны, призванные заменить плацкартные, изменилась и номенклатура перевозимых грузов. В 2008 г. принят важный Федеральный закон в части пожарной безопасности [3], нормативная база ОАО «РЖД» пополнилась Регламентом [5], сводом правил [2] и Рекомендациями по тушению пожаров на ЖДТ [6].

Учитывая возросшую опасность при авариях газотурбовозов и газотепловозов в тоннеле и трудность эвакуации оттуда пассажиров двухэтажных вагонов, а также появление инновационных средств пожаротушения – быстротвердеющую пену (БТП) и температурно активируемую воду (ТАВ), возникла необходимость и возможность разработки актуализиро-

ванной редакции документа [4] – Рекомендаций по тушению пожаров и проведению АСР в железнодорожных тоннелях.

Проект таких Рекомендаций, по нашему мнению, должен содержать 7 разделов и приложения, а именно:

1. **Общие положения** (для кого предназначены, список нормативных документов, используемые термины и сокращения).
2. **Характеристика тоннелей** (классификация тоннелей, основные конструктивные особенности и т.п.).
3. **Характеристика подвижного состава** (локомотивы, вагоны, перспективный подвижной состав – газотурбовозы, газотепловозы, 2-этажные вагоны и др.).
4. **Особенности развития пожаров в тоннелях** (возможные сценарии развития аварийной ситуации, динамика опасных факторов пожара, поражающие факторы взрывов).
5. **Первичные действия поездной бригады при пожаре и/или аварии поезда в тоннеле** (оповещение, спасение пассажиров, меры по тушению пожара и предотвращению взрывоопасной ситуации).
6. **Особенности тушения пожара и проведения АСР в тоннеле** (порядок привлечения сил и средств (СиС), разведка, противодымная вентиляция и водоснабжение, особенности работы штаба, управление и координация действий сотрудников различных структур, организация первичной медпомощи, спасение и охрана матценностей и т.п., инновационные методы тушения – применение ТАВ и БТП).
7. **Рекомендации должностным лицам по тушению пожара и проведении АСР** (сотрудники ОАО «РЖД» и ФГП ВО, пожарные ГПС МЧС, полиция, медслужба, местная администрация, обеспечение безопасности при проведении работ, в т.ч. на электроустановках).

Приложения (А. Порядок составления ПТП; Б. Порядок расчёта СиС; В. Основные документы, ведущиеся при тушении пожара и проведении АСР).

Таким образом, разработка актуализированной редакции Рекомендаций по тушению пожаров и проведению АСР в железнодорожных тоннелях является необходимой, своевременной и позволяющей повысить безопасность людей и устойчивость грузо- и пассажироперевозок на ОАО «РЖД».

Список литературы

1. Филиппов М.М., Уздин М.М., Ефименко Ю.И. и др. Железные дороги. Общий курс: учебник для ВУЗов. – М.: Транспорт, 1991. – 295 с.

2. СП 153.13130.2013. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Требования пожарной безопасности.

3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

4. Рекомендации по тушению пожаров в железнодорожных тоннелях. Утв. УВО МПС 26.10 1994 г. № ЦУОП-1/73.

5. Регламент проверки пожарной безопасности на железнодорожном транспорте, утверждённого распоряжением от 14.8.2013 г. № 1773р.

6. Рекомендации по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. – СПб.: ИПТ РАН, 2018. – 218 с.

7. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах // Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». Зарегистрировано в Минюсте РФ 17.08.2009 № 14541.

УДК 625.11

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В СВЯЗИ С ИХ ПЕРЕВОДОМ НА СКОРОСТНОЙ И СВЕРХСКОРОСТНОЙ РЕЖИМ ДВИЖЕНИЯ

Актерский Юрий Евгеньевич *– доктор военных наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

Северин Сергей Николаевич *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Шаптала Вадим Владимирович *– кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры огневой подготовки*

ФГКОУ ВО Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина

Аннотация. В статье изложены организационно-технические мероприятия по поддержанию требуемого уровня пожарной безопасности при реконструкции объектов стационарной инфраструктуры системы электроснабжения действующих железнодорожных линий в связи с организацией на них скоростного и высокоскоростного движения. Противопожарные мероприятия включают в себя предотвращение возникновения перегрузок и других нештатных режимов работы электротехнического оборудования, снижения доли маслонаполненного силового и коммутационного оборудования. Обновление всего оборудования с истекшим сроком эксплуатации. Реконструкция и модернизация объектов системы тягового электроснабжения должна сопровождаться совершенствованием их системы противопожарной защиты.

Ключевые слова: скоростной железнодорожный транспорт, система тягового электроснабжения, реконструкция, модернизация, пожарная безопасность.

ENSURING FIRE SAFETY DURING THE RECONSTRUCTION OF OBJECTS OF THE TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM OF EXISTING RAILWAYS IN CONNECTION WITH THEIR TRANSFER TO HIGH-SPEED AND ULTRA-HIGH-SPEED DRIVING

Acterski Yuri E. – Professor, Doctor of Military Sciences, Professor of the Department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems

Severin Sergey N. – adjunct, faculty of training of highly qualified personnel

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Shaptala Vadim V. – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of fire training department

Belgorod Law Institute of Ministry of the Internal of the Russian Federation named after I.D. Putilin

Abstract. The article describes the organizational and technical measures to maintain the required level of fire safety during the reconstruction of stationary infrastructure facilities of the power supply system of existing railway lines in connection with the organization of high-speed and high-speed traffic on them. Fire prevention measures include the prevention of overloads and other abnormal operating modes of electrical equipment, and the reduction in the proportion of oil-filled power and switching equipment. Updating all expired equipment. The reconstruction and modernization of the traction power supply system facilities should be accompanied by the improvement of their fire protection system.

Keywords: high-speed rail transport, traction power supply system, reconstruction, modernization, fire safety.

Организация скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения является важным фактором ускорения социально-экономического развития Российской Федерации [1]. Перспективы развития скоростного и сверхскоростного железнодорожного движения изложены в документах [2,3]. Эти документы предусматривают на ряду со строительством новых высокоскоростных магистралей также перевод на скоростной и высокоскоростной режим движения действующих ж/д линий или их участков. Такой перевод требует не только обновления подвижного состава, но и реконструкции и модернизации стационарной железнодорожной инфраструктуры, в том числе объектов системы тягового электроснабжения. Реконструкция и модернизация объектов инфраструктуры системы электроснабжения должна включать организационно-технические мероприятия, предотвращающие снижение пожарной безопасности этих объектов. Эти мероприятия могут быть определены на основе нормативных документов [4-10].

Рассмотрим некоторые из мероприятий, вносящих существенный вклад в обеспечение пожарной безопасности. В частности, для надежной работы скоростного ж/д транспорта и предотвращения пожароопасных перегрузок электрического оборудования количество и мощность силовых трансформаторов системы тягового электроснабжения необходимо привести в соответствие с возросшим объемом энергопотребления, необходимом для поддержания скоростного и высокоскоростного режимов функционирования железной дороги. При реконструкции на тяговых подстанциях нужно применять преимущественно вакуумные или элегазовые выключатели переменного тока без масляной изоляции [11] в тех случаях, когда применение маслонаполненного оборудования, например, силовых трансформаторов или автотрансформаторов с высшим напряжением от 20 до 35 кВ. необходимо по технологическим причинам. Для маслонаполненного оборудования при массе масла более 1 000 кг необходимо предусматривать аварийную систему стока масла, которая не допускает его растекания. Модернизация оборудования тяговых подстанций должна сопровождаться оснащением всех видов распределительных устройств оперативной блокировкой непроизвольных, неправильных действий. Реконструкция системы тягового электроснабжения должна предусматривать ее оснащение системой защиты от коротких замыканий и перегрузок. Реконструкция тяговых подстанций не должна нарушать работу технических средств автоматической охранно-пожарной сигнализации, а также защитных устройств [11,12].

Важное значение в обеспечении пожарной безопасности в системе электроснабжения скоростного железнодорожного транспорта имеет состояние контактной сети и линий электропередач. Их реконструкция и модернизация должны выполняться в строгом соответствии с требованиями нормативных документов и государственных стандартов, а их эксплуатация должна поддерживаться регулярным и качественным обслуживанием, в частности должно контролироваться и обеспечиваться безопасное расстояние элементов линейных устройств, находящихся под напряжением до заземленных частей зданий и сооружений и поверхности земли. Должно быть предусмотрено автоматическое отключение тяговой сети и линий электропередач при возникновении аварийных или пожароопасных режимов. Для исключения пожароопасных ситуаций, связанных с обрывом или разрушением линейных устройств, их реконструкция должна предусматривать надежную защиту линейных устройств от влияния неблагоприятных погодных условий: перепадов температуры, ветрового воздействия. Для борьбы с возможным оледенением проводов следует предусматривать систему их обогрева.

Реконструкция и модернизация системы тягового электроснабжения при переводе железнодорожного транспорта на скоростной и высокоскоростной режим работы должна сохранять и совершенствовать систему пожарной защиты [12] и пожаротушения объектов инфраструктуры. В частности, при расстоянии от внешней границы территории тяговой подстанции до систем центрального водоснабжения до 500 м следует обеспечить возможность наружного пожаротушения зданий и оборудования подстанций с трансформаторами с мощностью более 63 МВА. При этом расход воды должен быть достаточным для тушения пожа-

ра любого из зданий подстанций или масляных трансформаторов.

Реализация перечисленных и других подобных мероприятий требует высокого уровня квалификации обслуживающего персонала, инженерно-технических работников и должностных лиц, их ответственного и добросовестного отношения к выполнению служебных обязанностей. Для снижения возможных негативных проявлений человеческого фактора следует шире использовать высоконадежные и малообслуживаемые линейные устройства системы электроснабжения, а также преимущественно применять оперативное обслуживание подстанций без дежурного персонала.

Список литературы

1. Киселев Р.П. и др. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. – М.: ВПО РГУПС, 2014. – Т. 1, 2.

2. Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения Российской Федерации. 2015.

3. Стратегия развития высокоскоростного железнодорожного транспорта в Российской федерации до 2030 года. – М., 2007. – 70 с.

4. СП. Тяговое электроснабжение высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства. Минстрой России 2016.

5. Технический регламент ТС «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2011).

6. Технический регламент ТС «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» (ТР ТС 003/2011).

7. Федеральный закон № 123-ФЗ от 02.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме».

9. Правила пожарной безопасности на железнодорожном транспорте (ППБО-109-92) (утв. МПС РФ 11 ноября 1992 г. № ЦУО-112).

10. СП 153.13130.2013 Свод правил «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Требования пожарной безопасности». Приказ МЧС РФ. № 804 от 25.12.2012.

11. Почаевец В.С. Электрические подстанции. – М.: ФГБОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. – 491 с.

12. Навценя В.Ю., Федосов В.Ю., Стручалин В.Ю. Пожарная безопасность электроустановок на железнодорожном транспорте. – М.: Изд. РУТ (МИИТ), 2017. – 220 с.

УДК 614.849

УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Мазур Андрей Семенович *– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой химической энергетики*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Аннотация. Анализ опасностей и оценка пожарного риска рассмотрены как основные направления управления пожарной безопасностью на опасных объектах железнодорожного транспорта. Определены недостатки расчета показателей прогнозируемого пожарного риска. Предложено учитывать условия защиты людей от воздействия опасных факторов пожара при оценке пожарного риска и управлении пожарной безопасностью с помощью коэффициента уровня защиты.

Ключевые слова: пожарная безопасность, опасный объект, железнодорожный транспорт, риск, опасность, оценка риска, управление пожарной безопасностью, опасный фактор пожара.

MANAGEMENT OF FIRE SAFETY OF DANGEROUS OBJECTS OF RAILWAY TRANSPORT

Mazur Andrey S. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of chemical energy

Saint-Petersburg Institute of Technology

Abstract. Hazard analysis and fire risk assessment are considered as the main directions of fire safety management at dangerous objects of railway transport. Shortcomings of calculation of indicators of the predicted fire risk are defined. It is offered to consider conditions of protection of people from influence of dangerous factors of a fire at an assessment of fire risk and management of fire safety by means of coefficient of level of protection.

Keywords: fire safety, dangerous object, railway transport, risk, danger, risk assessment, fire safety management, dangerous factors of a fire.

Железнодорожный транспорт является основополагающим элементом транспортной системы страны. Обеспечение безопасности его функционирования имеет стратегическое значение и является, безусловно, актуальной задачей.

В состав железнодорожного транспорта входит большое количество особо опасных, технически сложных объектов [1]. В работе [2] показано, что, основываясь на критериях отнесения объектов надзора к определенной категории опасности, таким объектам с точки зрения пожарной опасности присваивается первая (высокая) категория.

Анализ опасностей и оценка пожарного риска являются одними из основных стадий процесса управления пожарной безопасностью. Проведение оценки пожарного риска позволяет определить опасные факторы, их соотношения и разработать, направленные на минимизацию опасностей, приоритетные направления деятельности. Оценка пожарного риска является единственным аналитическим инструментом для решения перечисленных задач.

Использование понятия риска, сочетающего в себе частоту возникновения опасного события и его последствия, позволяет оперировать опасностью как измеряемой категорией и трактовать риск как меру опасности. Тогда безопасность рассматривается как отсутствие недопустимого риска.

Количественную оценку пожарного риска можно провести, используя формулу:

$$R = P \times I, \qquad (1)$$

где P – вероятность неблагоприятного события; I – ущерб.

Следует отметить, что при использовании данной формулы, одинаковые значения риска могут быть получены как умножением высокой вероятности на незначительный ущерб, так и произведением низкой вероятности негативного события на большой ущерб.

Величина допустимого (приемлемого) уровня риска настолько незначительна, что общество готово принять такой риск ради получаемой при этом выгоды. Значения приемлемого пожарного риска в Российской Федерации определены Федеральным законом № 123-ФЗ [3], они устанавливаются исходя из социальных и экономических условий развития конкретной страны. Расчеты пожарного риска опасных производственных объектов железнодорожного транспорта проводятся на основе Методики [4].

Для оценки пожарного риска могут быть использованы следующие меры и характеристики риска: индивидуальный риск; потенциальный территориальный риск; коллективный риск; социальный риск.

Расчет показателей риска для объектов железнодорожного транспорта является акту-

альной задачей, решение которой сопряжено со следующими трудностями:

– сложность и трудоемкость оценки частот реализации исходных событий с использованием существующих методик вследствие неопределенности исходных данных;

– необходимость высокой квалификации исполнителя;

– отсутствие исходных данных при анализе сценариев аварий логико-графическим методом («логических деревьев событий»);

– необходимость учета большого количества параметров при расчете [5];

– значительные погрешности полученных значений вследствие применяемых при расчете допущений.

Риск, как количественная мера опасности, не отличается высокой точностью расчетов. Разработанные на основании полученных значений показателей риска рекомендации, могут носить поверхностный, даже формальный характер, особенно в том случае, если ставится цель уменьшить затраты на обеспечение безопасности.

Реализация пожарной опасности относится к случайным явлениям, возникновение опасных факторов пожара характеризуется вероятностью. В основу понятия риск положены случайные явления, что определяет основной недостаток управления пожарной безопасностью с его использованием. Используемые в расчетах показателей риска, вероятности нахождения человека в момент аварии в зоне действия поражающих факторов (от 0 до 1) при их умножении на вероятности реализации аварии ($10^{-4} \div 10^{-12}$ 1/год), «снижают» свою значимость [6].

В работе [6] предложено использование обратного показателя риска – коэффициента уровня защиты от поражающих факторов аварии ($К_{у.з.}$). Отмечается, что при его оценке можно использовать известные уже на стадии проектирования исходные данные по эксплуатации опасных производственных объектов. Для объектов железнодорожного транспорта для оценки эффективности противопожарной защиты может быть применен аналогичный предложенному в работе [6], коэффициент уровня защиты людей от опасных факторов пожара ($К_{у.з.п.}$). $К_{у.з.п.}$ может изменяться от 0, когда человек полностью не защищен до 1 при условии полной защиты человека противопожарной защиты. Для управления пожарной безопасностью предлагается ввести следующие границы: недопустимый уровень пожарной безопасности $К_{у.з.п.} \leq 0{,}05$; низкий уровень пожарной безопасности $0{,}05 < К_{у.з.п.} \leq 0{,}4$; средний уровень пожарной безопасности $0{,}4 < К_{у.з.п.} \leq 0{,}6$; высокий уровень пожарной безопасности $0{,}6 < К_{у.з.п.} < 1$.

При определении суммы страхования за причинение вреда в случае возникновения пожара могут быть использованы значения установленных границ $К_{у.з.п.}$.

Таким образом, управление пожарной безопасностью опасного, технически сложного производственного объекта железнодорожного транспорта вследствие имеющихся недостатков не является достаточно точным инструментом количественной оценки опасностей. Разработка и внедрение коэффициента для количественной оценки уровня защиты людей для управления пожарной безопасностью таких объектов позволит повысить точность результатов и эффективность предлагаемых мероприятий, направленных на снижение и минимизацию пожарного риска.

Список литературы

1. О железнодорожном транспорте в Российской Федерации: Федер. закон от 10.01.2003 г. № 17-ФЗ (с изм. и доп.).

2. Воронов С.П., Матюшин А.В., Шлепнев М.М. Применение риск-ориентированного подхода в деятельности органов государственного пожарного надзора // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. № 1. С. 130-140.

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ (с изм. и доп.).

4. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденная приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 (с изм. и доп.).

5. Фомин А.И., Бесперстов Д.А., Сайбель С.Ю. Пожарные риски и их влияние на риск-ориентированный подход при организации и осуществлении федерального государственного пожарного надзора // Вестник научного центра. 2017. № 3. С. 36-44.

6. Янковский И.Г. О новой концепции методологии управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов // Известия СПбГТИ(ТУ). 2016. № 34. С. 79-82.

УДК 614.8.084: 656.9

УСТАНОВКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Кутузов Василий Васильевич *– кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

Баранов Алексей Александрович *– кандидат педагогических наук, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Рассмотрены вопросы статистики и основных причин пожаров на транспорте, особенности развития пожаров автомобилей. Проанализированы способы обнаружения и тушения пожаров на транспорте. Предложены направления совершенствования установок и систем противопожарной защиты.

Ключевые слова: пожар, фазы пожара, автотранспорт, автоматическое пожаротушение, дорожно-транспортное происшествие, огнетушитель, моторный отсек, моделирование.

AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS ON MOTOR TRANSPORT

Kutuzov Vasily V. – associate professor, PhD, professor of the department of fire safety of buildings and fire protection automated systems

Baranov Alexey A. – PhD, assistant professor department of fire safety of buildings and fire protection automated systems

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The issues of statistics and the main causes of fires in transport, especially the development of car fires are considered. Analyzed ways to detect and extinguish fires in transport. Proposed directions for improving installations and fire protection systems.

Keywords: fire, fire phases, motor transport, automatic firefighting, road traffic accident, fire-extinguisher, engine compartment, simulation.

В России пожары на транспорте составляют пятнадцать процентов от всех случаев пожаров и занимают второе место, уступая лишь только пожарам в жилом секторе. На территории Российской Федерации ежегодно сгорает в среднем около двадцати трех тысяч автомобилей. В пожарах на автомобильном транспорте погибает около двухсот человек в год.

Данные статистики пожаров на автотранспорте показывают, что первое место по количеству загораний на транспорте занимают легковые автомобили, что можно объяснить их большим количественным по отношению к остальными транспортными средствами, второе место занимают грузовые автомобили, затем идёт специальная техника, и пассажирские автобусы [1].

Основными причинами пожара на автомобильном транспорте являются:

– дорожно-транспортные происшествия (ДТП);

– техническая неисправность транспортного средства (изношенность основных элементов транспортного средства);

– нарушение правил перевозки пожароопасных грузов;

– умышленный поджог;

– неосторожное обращение с огнем в салоне автомобиля;

– неисправность системы подачи топлива;

– неисправность электрооборудования.

Для пассажирского автотранспорта, и легковых автомобилей наиболее характерными причинами возникновения пожаров являются ДТП, неосторожное обращение с огнём и умышленные поджоги. Все эти случаи однозначно связаны с человеческим фактором.

Для грузовых автомобилей дополнительно причинами возникновения пожаров являются, нарушение правил перевозки пожароопасных грузов, техническая неисправность автотранспорта или же чрезмерной изношенности оборудования.

Основными сценариям пожара грузовых автомобилей будут:

– пожар моторного отсека;

– пожар из кабины;

– пожар кузова или в прицепа с грузом.

Любой пожар при свободном горении может быть разделен на четыре фазы: I – начальную, II – развивающегося пожара, III – развитого пожара и IV – затухающего пожара [2].

Практика показывает, что грузовой автомобиль полностью выгорает за двадцать минут, а на второй минуте горения потушить пожар обычным порошковым огнетушителем уже невозможно. Повреждения же могут быть фатальными уже через пять минут горения. При анализе ущербов, причинённых пожаром в большегрузном автотранспорте нужно учитывать, и то, что пожар распространиться и на перевозимые грузы.

Проведённые исследования и инженерные расчёты [3,4] позволяют сделать вывод, что если пожар на автотранспортном средстве не потушить в начальной стадии, то огонь очень быстро распространиться по салону, багажному и моторному отсеку транспортного средства, пока полностью не уничтожит его.

Во многом скорость распространения огня по всем элементам автомобильного поезда (грузовой автомобиль с прицепом), зависит от груза, который он транспортирует. В качестве примера можно привести автопоезд, состоящий из двух прицепов. Так, например, при возникновении пожара в двигателе грузового автомобиля огонь в считанные минуты может распространиться до, находящихся в сцепке с ним прицепов. При этом, система сцепки и торможения общая, и при горении дальнейшее распространение огня на перевозимый в прицепах груз, существующими штатными средствами пожаротушения, которые должны находится в автомобиле предотвратить практически невозможно.

Следует понимать и то, что, если пожар перешёл во вторую и третью стадии интенсивность горения и площадь пожара возрастёт в связи с воспламенением бензобака и его содержания. При остановке автомобиля на автотрассе, огонь может перекинуться на ближайшие транспортные средства. Не стоит исключать вероятность распространения огня на лесные массивы, близко расположены к автомагистралям во многих регионах нашей страны.

Создание условий обеспечения безопасности на транспорте – одна из приоритетных задач государства. В рамках выполнения этой задачи, особое внимание уделяется пожарной безопасности на транспорте [5-13].

В настоящее время наблюдается количественный и качественный рост автотранспортного парка. Автотранспорт имеет новое энергоемкое оборудование, применяются все более высокооктановые бензины и газовое топливо, ужесточаются режимы эксплуатации транспорта. А между тем регламентированные требования государственных органов к техническому уровню средств противопожарной защиты автомобилей, за последние десятилетия практически не изменился и базируется лишь на одном методе – это обнаружение пожара человеком-водителем и тушение пожара ручным огнетушителем [5].

Однако применение ручных огнетушителей при тушении пожаров на транспортных

средствах не может обеспечить выполнение определённых выше условий – обнаружить и потушить пожар на начальной стадии.

Основными причинами низкой эффективности указанного метода являются:

– позднее обнаружение пожара и, как следствие, развитие пожара до II и III стадии;

– необходимость открывания капота для подачи огнетушащего вещества – приводит к резкому повышению интенсивности горения;

– высокая вероятность отказов в работе имеющихся в распоряжении водителей ручных огнетушителей (постоянные вибрационные нагрузки, перепады температуры, повышенная влажность приводят к частичному выходу из строя порошковых огнетушителей);

– слабые навыки большинства водителей к работе с огнетушителями;

– возможность ошибок в действиях в связи со стрессовой ситуацией (пожар автомобиля развивающейся по непредсказуемому сценарию).

В настоящее время существует большое количество, автоматических (автономных) установок обнаружения и тушения пожара в автотранспортных средствах, которые позволят своевременно обнаружить и потушить пожар.

Применяемые технические решения в зависимости от назначения, особенностей эксплуатации транспортного средства и перевозимых грузов, позволяют реализовать перечисленные ниже функции защиты от загорания. К таким решениям относятся:

– системы блокировки топливопровода автомобиля при аварии автотранспортного средства;

– системы защиты от токовой перегрузки электрических цепей автомобиля;

– системы автономной пожарной сигнализации [5];

– автоматические огнетушители [7,8] и др.

Примером реализации оригинальных технических решений по обнаружению и тушению загораний в подкапотном пространстве автомобиля являются разработанные ООО «ГК ЭПОТОС» огнетушители на базе генератора огнетушащего аэрозоля (ГОА) «Допинг-2»; «Допинг-2ТР» и автономная установка обнаружения и пожаротушения «Подкова–01» ЗАО «ПироХимика». Эти установки пожаротушения располагаются в подкапотном пространстве автомобиля и позволяют при загорании протушить пожар в моторном отсеке на первой стадии. Можно отметить, что это лишь малая часть примеров существующих разработок. Десятки фирм в Российской Федерации постоянно работают в этом направлении и выпускают сертифицированное оборудование для задач обнаружения и автоматического пожаротушения на автотранспорте. Вместе с тем приходится констатировать тот факт, что эти разработки применяются автопроизводителями и автопредприятиями, как правило, в инициативном порядке и в качестве эксперимента. Надо понимать, что применение автоматических и дистанционно управляемых установок пожаротушения в моторном отсеке автомобиля, это частичное решение проблемы.

В настоящее время не решены вопросы обнаружения и тушения пожара в кабине, пассажирском салоне, кузове и прицепе. Не реализуется существующая техническая возможность автоматической передачи извещения о пожаре большегрузного автотранспорта происшедшего на трассе по радиоканалам в ближайшую пожарную часть и ряд других вопросов.

Для решения указанных выше проблем назрела необходимость создания современной нормативной базы, регулирующей вопросы в области автоматического пожаротушения автотранспорта и его защиты с учётом применения современных разработок. По мнению автора, для решения вышеизложенных проблемных вопросов необходимо проведение дополнительны научных исследований с целью разработки комплексного подхода к техническим решениям по обнаружению и тушению пожара в грузовом и пассажирском автотранспорте на основе моделирования процессов развития пожара по разным сценариям. Результаты этих исследований должны обеспечить разработку технических требований к системам и установкам обнаружения и тушения пожара на автотранспорте и регламентировать их применение, что в конечном итоге обеспечит резкое уменьшение статистических показателей по гибели людей и материальным потерям в результате пожаров на автотранспорте.

Список литературы

1. Статистика пожаров. URL: https://sites.google.com/ site/statistikapozaro/ home/rezultaty-rascetov /operativnye-dannye-po-pozaram (дата обращения 05.06.2019).

2. Кутузов В.В., Терёхин С.Н. Методы и технологии обнаружения пожара (монография) Под общей редакцией О.М. Латышева. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2009. – 555 с.

3. Прогнозирование опасных факторов пожара: учеб. пособие / Ю.Д. Моторыгин и др. – СПб.: Астерион, 2013. – 108 с.

4. Моторыгин Ю.Д., Косенко Д.В. Математическое моделирование развития горения автомобиля // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2014. С. 45-50.

5. Долговидов А.В., Сабинин О.Ю., Теребнев В.В. Автономное пожаротушение: реальность и перспективы. – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2014. – 204 с.

6. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2016. – 124 с.

7. Маклецов А.К., Плотников С.Г., Корнилов А.А. Анализ статистики пожаров автомобильного транспорта // Техносферная безопасность. 2015. № 4 (9). С. 84-89.

8. Противопожарная защита транспорта из опыта решения данной проблемы ООО «ГК «ЭПОТОС». URL: http:/ /www.aktivsb.ru /catalogs/ (дата обращения 05.06.2019).

9. Жаров А. Установка локального пожаротушения KLS-902 для защиты транспортных средств «Алгоритм Безопасности». 2010. № 5.

10. Федеральный закон от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности».

11. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 11 июня 2014 года).

12. ГОСТ Р 51709-2001 Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки (утв. Постановлением Госстандарта России от 01.02.2001 № 47-ст) (ред. от 26.08.2005).

13. Кутузов В.В., Галямова Д.В., Нифталиев А.Л., Галямова Д.В. Пожары на грузовом автотранспорте. Особенности обнаружения и автоматического пожаротушения // Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны: материалы VII Международной конференции. – Кокшетау. Казахстан. 2019. С. 188-194.

УДК 614.841.3

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ ТАНКЕРАХ

Ксенофонтов Юрий Геннадьевич *– кандидат технических наук*
Скрипник Игорь Леонидович *– кандидат технических наук, доцент*
Воронин Сергей Владимирович *– кандидат технических наук, доцент*
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В статье анализируются причины возникновения аварийных ситуаций на нефтеналивных судах, связанных с пожарами, рассматриваются вопросы, касающиеся оптимизации противопожарных систем нефтяных танкеров при различных видах ограничений, с целью предотвращения аварий и катастроф на море, способных повлечь за собой значительный экономический и экологический ущербы, а также гибель экипажа судна.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, аварийные ситуации, оптимизация, пожаробезопасность, противопожарное оборудование, нефтеналивные суда, системы пожаротушения, пожарно-профилактические мероприятия.

TO THE QUESTION OF IMPROVING THEEFFICIENCY OF APPLICATION OF SYSTEMS OF SUPPORT OF FIRE SAFETY IN MARINE OIL SHIP

Ksenofontov Yuri G. – Candidate of Technical Sciences
Skripnik Igor L. – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences
Voronin Sergey V. – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences
Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

Abstract. The article analyzes the causes of emergencies on oil tankers associated with fires, discusses issues related to optimizing the fire systems of oil tankers under various types of restrictions, in order to prevent accidents and disasters at sea, which could entail significant economic and environmental damage, as well as death of the crew.

Keywords: navigation safety, emergency situations, optimization, fire safety, fire fighting equipment, oil vessels, fire extinguishing systems, fire prevention measures.

Безопасность перевозок сегодня является основным показателем качества функционирования для всех возможных видов транспорта. Особо важное ее значение следует отметить в обеспечении перевозок морским транспортом [1]. Значительные размеры современных морских судов, увеличение скоростей и интенсивности движения на морских трассах, эксплуатация судов в сложных климатических условиях и другие факторы делают проблему обеспечения безопасности мореплавания одной из приоритетных и актуальных при оценке современного состояния и развития морской отрасли [2]. К наиболее тяжелым нарушениям безопасности можно отнести случаи, когда аварии и катастрофы на море приводят к крушению судов. Следствиями таких катастроф являются, как правило, человеческие жертвы, экологические загрязнения окружающей среды, потери экономического характера и не поддающаяся материальному учету социальная сфера [3].

Если говорить о причинах катастроф техногенной направленности, связанных с морскими судами, то к таковым можно отнести неблагоприятные погодные условия [4], столкновение танкеров с платформами, утечка углеводородов из-за разгерметизации оборудовании вследствие коррозии [5], неисправность внутренних механизмов, разрушение конструкции корпуса, а также непрофессиональные действия обслуживающего персонала в критических ситуациях, обусловленных отказами систем противоаварийной защиты.

Для отечественных судов, находящихся под надзором Российского морского регистра судоходства (РМРС), данные по аварийности представлены на рисунке 1.

Из гистограммы (рисунок 1) видно, что аварийность, связанная с морскими судами, эксплуатирующимися российскими компаниями, в последние годы значительно возросла.

Так как интенсивность грузоперевозок как в РФ, так и в мировом масштабе постоянно растет, возникает необходимость в разработке соответствующих рекомендаций для предотвращения аварийных ситуаций. При этом, важную роль играет изучение статистики аварий и катастроф на море, которая позволит определить основные направления по обеспечению повышения безопасности морского судоходства [6].

Аварии и катастрофы, произошедшие с нефтеналивными судами (танкерами), в сравнении с другими типами судов, влекут за собой гораздо более тяжелые последствия, связанные как с экологией, так и с гибелью самого судна и его экипажа. Сегодняшний стремительный темп развития международной нефтяной инфраструктуры непременно способствует увеличению количества аварий на море, связанных с выбросом нефти именно с нефтеналивных судов. По данным Национального Исследовательского Совета США ежегодно в акваторию Мирового океана поступает около полутора миллионов кубических метров нефти и нефтепродуктов, из которых 22% приходится на аварии, связанные с транспортировкой.

Аварийные случаи загрязнения моря с танкеров за период 1974-2009 г. по 9368 инцидентам приведены на рисунке 2.

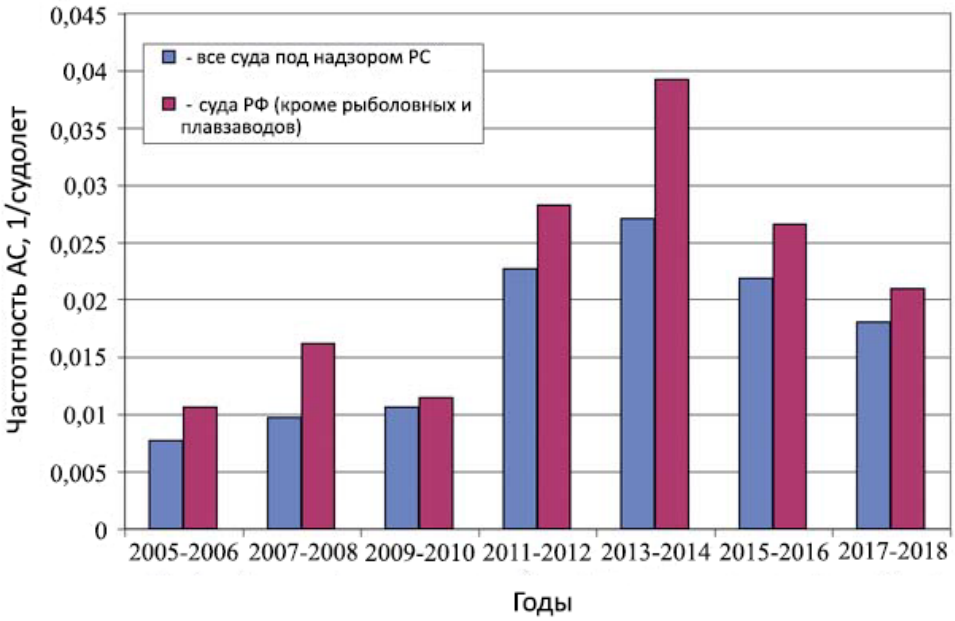


Рисунок 1 – Динамика аварийных случаев с судами под наблюдением РМРС

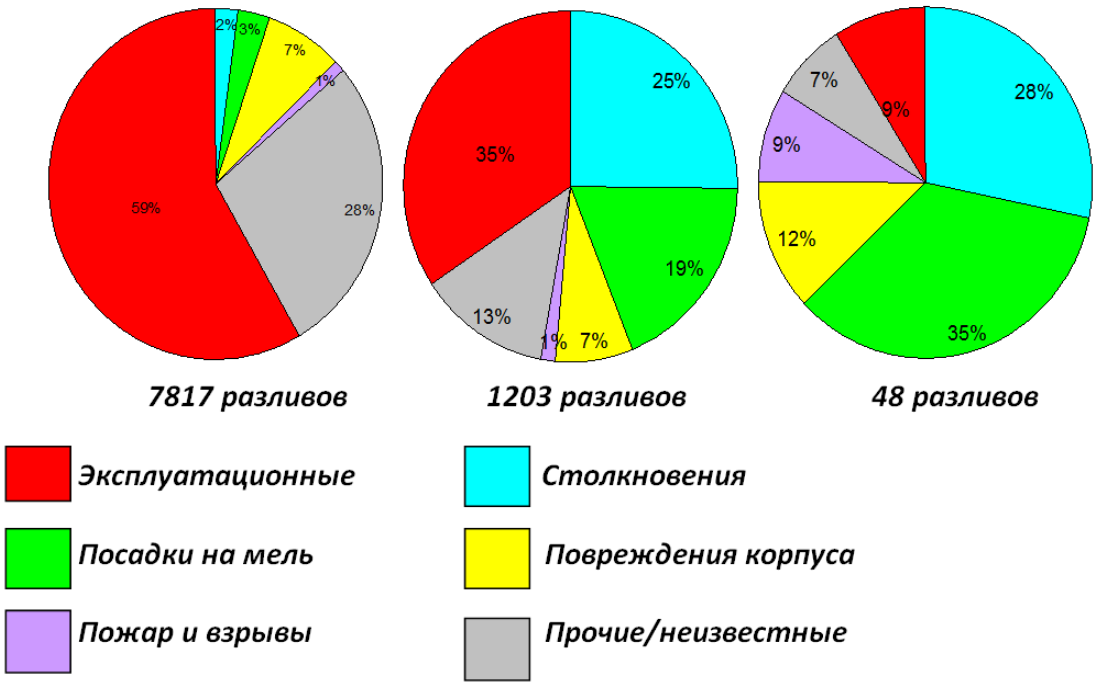


Рисунок 2 – Аварийные случаи загрязнения мировой акватории нефтью и нефтепродуктами с танкеров за период 2000 – 2018 гг.

Как видно из рисунка 1, доля возникновения пожаров относительно невелика и составляет не более 9% от общего числа аварий, однако, необходимо учесть, что размер ущерба при всех видах аварий соизмерим, что само по себе говорит о необходимости более детально подойти к данной проблеме.

В данной статье рассматривается одна из главных причин розлива нефти и нефтепродуктов – пожар, который способен привести к разламыванию корпуса судна, и как следствие – к его затоплению.

Многолетняя практика эксплуатации танкеров показывает, что пожары на судах данного типа происходят с огромной скоростью и достаточно высокой температурой. При этом площадь пожара растет скачкообразно и зависит от ряда конструктивных особенностей: наличие большого количества пустот, в которых проходят коммуникации, вентиляционных шахт, вспомогательных каналов и др.

К основным техническим пожарно-профилактическим мероприятиям относятся проектно-профилактические (конструктивно-профилактические) решения по предотвращению возникновения пожара.

Противопожарная безопасность судов в РФ согласно требованиям РМРС, обеспечивается непосредственно конструкцией корпуса, системой автоматического пожаротушения, автоматической пожарной сигнализацией, комплектом противопожарного снабжения, а также судовыми системами пожаротушения: водяного тушения (лафетные стволы и насосы), пенотушения (для подачи на горящие объекты воздушно-механической пены), порошкового тушения и водяных завес.

Для более детального описания процессов, происходящих на судне во время пожара, и анализа пожаробезопасности судна, необходимо построить и проработать и значительное количество локальных моделей, часть из которых напрямую связана с основными подсистемами обеспечения пожаробезопасности, а часть описывает только межподсистемные взаимодействия [7].

Оптимизация обоснования выбора и способов инсталляции соответствующих подсистем при проектировании судна должна производиться исходя из условия, что критерий оптимизации подсистемы и ограничения, которые наложены на нее, должны быть согласованы с главным критерием и соответствующими ограничениями всей системы, то есть судна в целом. Оптимизация осуществляется в рамках методов математического программирования: вначале определяется вектор неизвестных значений x при условии, что критерий:

$$f(x) \to \min(\max), \tag{1}$$

и неизвестные принимают значения в области, заданной системой ограничения типа:

$$g_s(x) \geq b_s, \ \forall s \in S, \tag{2}$$

где S – множество всех ограничений, образующих допустимую область, а также интервальными ограничениями.

При оптимизации подсистем судна, находящегося в стадии проектирования, должна применяться декомпозиция не только критерия (1), но и ограничений (2) при соответствующей группировке исходных данных по уровню декомпозиции [8]. Такой подход применим и в процессе оптимизации пожарных судов, для которых один из важнейших элементов – обоснование характеристик противопожарного оборудования. При этом выбор характеристик оборудования как раз и является оптимизацией на уровне подсистемы. Критерием оптимизации типа (1) для пожарного оборудования и автоматических систем пожаротушения может служить величина предотвращенного ущерба от пожара $f_1(x)=U$ либо же минимизация времени тушения пожара $f_2(x) = min\ t$. Ограничениями же типа b_s служат заданная вероятность выполнения противопожарной операции, лимитирование строительной стоимости C_n, эксплуатационных затрат на оборудование и системы $C_э$ [9].

Состав средств, используемых при тушении пожара, основной частью которых является противопожарное оборудование, в значительной мере влияет на выбор его элементов их характеристик, а также на их эффективность. Для большей части

противопожарного оборудования (например, для лафетных стволов, пеногенераторов и прочих аппаратов подачи огнетушащих веществ) объектами оптимизации являются: номенклатура, подтипы, количество и характеристики производительности.

В качестве показателя эффективности *W(u)* применения противопожарного оборудования на судне может выступить степень соответствия его реальных функциональных возможностей требуемым $Y^{\text{ТР}}$.

Для удобства описания соответствия реального результата Y требуемому $Y^{\text{ТР}}$ формально вводят числовую функцию на множестве результатов:

$$\rho = \rho\left(Y(u), Y^{\text{ТР}}\right), \tag{3}$$

которая называется функцией соответствия, характеризующая степень достижения поставленной цели.

Так как ***Y(u)*** и $Y^{\text{ТР}}$ в случае ограничений типа S являются неслучайными переменными, то:

$$W(u) = \rho\left(Y(u), Y^{\text{ТР}}\right), \tag{4}$$

то есть в детерминированном случае функция соответствия может служить показателем эффективности применения и рационального использования противопожарного оборудования.

Таким образом, выполняя операцию оптимизации подсистемы по всем видам ограничений, обеспечивающих требуемый уровень противопожарной безопасности как для судна, так и для экипажей, включая применение новейших материалов и современных технологий, можно существенно рационализировать систему противопожарной безопасности нефтеналивных судов и поднять ее на новый более высокий качественный уровень.

Список литературы

1. Скрипник И.Л., Воронин С.В. О некоторых вопросах анализа обеспечения пожарной безопасности судов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Воронежский институт ГПС МЧС России. 2016. Ч. 1. С. 329-331.

2. Бобровская Т.А., Ивахнюк Г.К., Скрипник И.Л. Управление пожарными рисками при осуществлении технологического аудита на предприятиях судоремонтного комплекса // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 1. С. 31-40.

3. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Обеспечение безопасности населения от воздействия опасных экологических факторов и используемые при этом средства защиты // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности: периодический теоретический и научно-практический журнал. МАНЭБ. 2018. Т. 23, № 3. С. 53-57.

4. Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т., Идрисова Д.И. Совершенствование системы мониторинга климатических характеристик в условиях крайнего севера // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Воронеж: Воронежский институт ГПС МЧС России. 2016. Ч. 2. С. 95-97.

5. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Уменьшение процесса коррозии металла при воздействии переменного частотно-модулированного сигнала // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 1 (49). С. 14-24.

6. Скрипник И.Л. Технологический аудит на объектах судоремонтной отрасли // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры

безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения» – 2018: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2018. С. 307-311.

7. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Оптимизация подсистем при проектном обеспечении вопросов пожаробезопасности морских комплексов // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной жизнедеятельности населения: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2017. С. 310-312.

8. Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Особенности модификации процедур морфологического анализа технических систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1 (45). С. 112-121.

9. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2018. № 2. С. 128-134.

УДК 614.846.6

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАКЕТА УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Сытдыков Максим Равильевич *– кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*

Поляков Александр Степанович *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности*

Шилов Александр Геннадьевич *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В работе представлены основные достоинства и недостатки основных пожарных автомобилей. Отражена необходимость разработки универсальной установки пожаротушения пригодной к работе со всеми существующими видами огнетушащих веществ. Представлена возможная конструкция предлагаемой универсальной установки пожаротушения и варианты сосудов для хранения, транспортировки и выдачи огнетушащих вещкств в очаг пожара.

Ключевые слова: универсальная установка пожаротушения, надстройка, пожарный автомобиль, система тушения, тушение пожаров, многофункциональная система пожаротушения, универсализированная оболочка, контейнер.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE LAYOUT DESIGN OF THE UNIVERSAL FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

Sytdykov Maksim R. – Ph.D., Assistant Professor, Head of the Department of the fire, search-and-rescue equipment and vehicle fleet

Polyakov Alexander S. – Doctor of Technical Science, Professor, Professor of the Department of physical and technical bases of fire safety

Shilov Alexander G. – adjunct of the faculty of training highly qualified personnel

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The paper presents the main advantages and disadvantages of the main fire trucks. The need to develop a universal fire extinguishing system suitable for working with all existing types of OTV is reflected. The possible design of the proposed universal fire extinguishing system

and variants of vessels for storage, transportation and delivery of OTV to the fire center.

Keywords: universal fire extinguishing system, superstructure, fire truck, extinguishing system, fire extinguishing, multifunctional fire extinguishing system, universalized shell, container.

Основные пожарные автомобили (ПА) в зависимости от преимущественного использования и направлений оперативной деятельности подразделяются на ПА общего и целевого применения [1], численность которых сильно отличается.

Так, например, в структуре ФПС ГПС МЧС России количество пожарных автоцистерн (АЦ) и пожарных автомобилей пенного тушения (АПТ), суммарная численность которых составляет 91 % от общего числа ПА, значительно превышает количество пожарных автомобилей порошкового тушения (АП), пожарных автомобилей газового тушения (АГТ) и пожарных автомобилей комбинированного тушения (АКТ). Суммарная численность последних составляет примерно 4 % от общего числа ПА.

Данный факт сложился по нескольким причинам:– согласно табелям оснащенности пожарно-спасательных частей ФПС в первую очередь они оснащаются АЦ;

– простота использования водопенных коммуникаций АЦ и АПТ;

– относительная дешевизна огнетушащих веществ (ОТВ);

– стоимость АЦ в несколько раз меньше, чем ПА целевого назначения.

ПА согласно их целевому применению оснащены пожарными надстройками, которые зачастую уникальны или имеют принципиальные отличия. В соответствии с [2] установка пожаротушения (УПТ) – основная составная часть пожарной надстройки и представляет собой совокупность емкостей, агрегатов, технологических трубопроводов и органов управления, обеспечивающих прием, хранение, транспортирование и выдачу огнетушащих веществ. Каждый тип ПА с УПТ имеет свои недостатки.

Недостатком АЦ, по нашему мнению, является способность его работы только на жидких ОТВ, не имея возможности применения порошковых огнетушащих составов и огнетушащего газа из-за недостаточной прочности цистерн и конструктивной неприспособленности центробежных насосов для вытеснения аэрозолей.

Конструкция АП обеспечивает возможность работы на одном из видов ОТВ (вода, порошок, раствор пенообразователя) или их парного сочетания, вытеснение в очаг пожара происходит сжатым воздухом [3,4].

Недостаток АП заключен в исключительной индивидуальности форм и размеров сосудов, работающих под высоким давлением, что существенно повышает стоимость конструкции данного автомобиля. Переход с применения одного вида ОТВ на другой не возможен, так как необходимо выполнение операций по зачистке сосудов с применением ручного труда внутри них. Кроме того, соотношение между видами применяемых ОТВ предопределено существующей вместимостью сосудов и не подлежит изменению в иных пропорциях в условиях эксплуатации, поэтому такие средства не могут быть оперативно переналажены (без направления на переоборудование) под конкретные изменяемые нужды пожарной части.

Недостатком АГТ также является невозможность применения всех видов ОТВ, поскольку установка газового тушения не приспособлена для работы с жидкими и твердыми ОТВ. АКТ присущи все недостатки АЦ и АП, отмеченные ранее. Кроме того, соотношение между запасами воды, пенообразователя и порошка в условиях эксплуатации также всегда неизменно (как правило, по массе составляет 5:3:1), поэтому такие средства не могут быть оперативно переналажены в условиях эксплуатации под нужды конкретной пожарной части. Наряду с отмеченными недостатками следует отметить и тот факт, что стоимость данного автомобиля превышает стоимость АЦ в 3-4 раза.

Подходы по устранению перечисленных недостатков отражены в работах [5-7]. Однако следует отметить, что ни установка порошкового тушения [5], ни универсальная установка пожаротушения [6], не предназначены для работы с огнетушащими газами.

Проанализировав все достоинства и недостатки пожарной техники, сделан вывод о необходимости разработки универсальной установки пожаротушения, пригодной (при необходимости) к работе со всеми существующими видами ОТВ.

Предлагаемая конструкция УУПТ представляет собой скомпонованную, автономную, многофункциональную систему, предназначенную для тушения пожаров различной природы происхождения. В ней предлагается объединить все положительные характеристики и устранить недостатки установок пожаротушения пожарных автомобилей аналогов (АЦ, АП, АКТ, АГТ) и универсальной установки пожаротушения (УПП) [6,9].

Автономность и универсальность предлагаемой установки достигается за счет размещения всех ее силовых агрегатов, оборудования и вспомогательных средств внутри контейнера типа 1СС или подобных, размеры которых соответствуют [8].

Один из вариантов конструкции УУПТ представлен на рисунке.

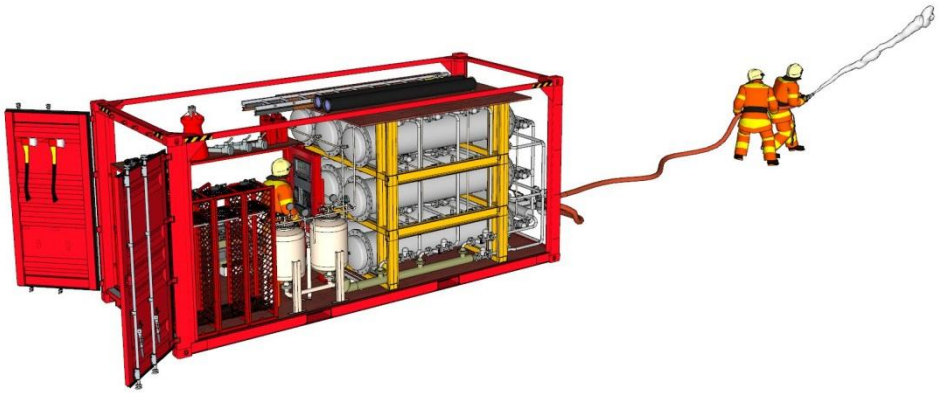


Рисунок – Вариант конструкции УУПТ

В предлагаемой конструкции универсальной установки пожаротушения учтены недостатки аналогов и прототипа, указанных ранее, за счет наличия:

– системы газового тушения, предназначенной непосредственно для тушения пожаров огнетушащим газом и для перемещения эластичных разделителей давлением этого газа, состоящей из модулей газового тушения, задвижек с электроприводом и устройством для дозаправки огнетушащим газом;

– двигателя внутреннего сгорания, предназначенного для обеспечения автономной работы всех систем, приведения в действие имеющегося в составе установки центробежного насоса для забора воды с водоисточника, подачи ОТВ в очаг пожара и заправки сосудов;

– размещение внутри контейнера, позволяет размещать установку на шасси стандартных грузовых автомобилей различных марок и стран производителей, платформы поездов, морские суда, и, даже, на борту специальных грузовых вертолетов и самолетов для транспортировки в трудно доступные места.

Исходя из размеров выбранного контейнера и габаритов предполагаемых сосудов (таблица) предлагается использовать 9 одинаковых сосудов, расположенных горизонтально и имеющих последовательное соединение с независимыми электрическими задвижками и электроприводом систем заправки и выдачи ОТВ. В контейнере также планируется расположить все необходимое пожарно-спасательное оборудование.

Таблица – Параметры сосудов предлагаемой УУПТ

№ п/п	Характеристика	Единицы измерения	Параметры		
			Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1.	Номинальный наружный диаметр сосуда	мм	325	377	530
2.	Номинальная толщина стенки сосуда	мм	10	10	10
3.	Внутренний диаметр сосуда	мм	305	357	510
4.	Высота стенки фланца (от условного прохода до края)	мм	96,25	102,7	113,5
5.	Количество отверстий в фланце	шт.	16	16	20
6.	Общее количество сосудов в УУПТ	ед.	25	16	9
7.	Длина одного сосуда	м	3	3	3
8.	Объем одного сосуда	$м^3$	0,22	0,30	0,61
9.	Общий объем всех сосудов	$м^3$	5,47	4,80	5,51

На данный момент подана заявка на получение патента на полезную модель. Ведется

работа по сборке макета универсальной установки пожаротушения для проведения натурных испытаний.

Список литературы

1. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения: ГОСТ Р 53247–2009 // Электронная база данных документов по пожарной безопасности (ЭБД НСИС ПБ), 2017. № 2 (61).

2. Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 53328–2009 // Электронная база данных документов по пожарной безопасности (ЭБД НСИС ПБ), 2017. № 2 (61).

3. Пожарная и аварийно-спасательная техника: учебник в 2 ч. / М.Д. Безбородько [и др.] / – М.: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2013. – 353 с.

4. Степанов Е.Н., Чепурной Г.А. Автомобиль порошкового тушения пожарный: пат. 2158154 Рос. Федерация. МПК А 62 С 27/00; заявл. 09.06.1999; опубл. 27.10.2000.

5. Крылов Д.А., Кожевин Д.Ф., Маркова Н.Б., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. Установка порошкового тушения: пат. 150430 Российская Федерация. МПК А 62 С 13/00, № 2014124877/12; заявл. 18.06.2014; опубл. 20.02.2015, Бюл. № 5. – 2 с.

6. Крылов Д.А., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. Универсальная установка пожаротушения: пат. 158632 Российская Федерация. МПК А62С13/00 (2006.01), № 2015107592/12, заявл. 04.03.2015; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.

7. Поляков А.С., Крылов Д.А., Сытдыков М.Р. Автомобильная универсальная установка пожаротушения: конструкция и моделирование режимов функционирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 2 (38). С. 56-63.

8. ГОСТ Р 53350-2009 (ИСО 668:1995) Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса (с Изменением № 1).

9. Поляков А.С., Крылов Д.А., Сытдыков М.Р. Автомобильная универсальная установка пожаротушения: конструкция и моделирование режимов функционирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 2 (38). С. 56-63.

УДК 621.6

МЕТОДИКА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДАХ

Щетка Владимир Федорович *– кандидат военных наук, профессор, профессор кафедры системного анализа и управления*

Терёхин Сергей Николаевич *– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения*

Сапелкин Артём Иванович *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В статье рассмотрены аварии на магистральных нефтепроводах и магистральных газопроводах на основе статистических данных за последние три года, основные положения методики предотвращения чрезвычайных ситуаций на магистральных нефтепроводах и газопроводах.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, магистральный газопровод, чрезвычайная ситуация, авария, риски аварий, прогнозирование.

METHODOLOGY FOR PREVENTING EMERGENCY SITUATIONS IN MAIN OIL AND GAS PIPELINES

Shchetka Vladimir F. – Candidate of Military Sciences, Professor, Professor of the Department of system analysis and management

Terekhin Sergey N. – Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor of the Department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems

Sapelkin Artem I. – adjunct, faculty of training of highly qualified personnel

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The article deals with accidents on main oil pipelines and main gas pipelines on the basis of statistical data for the last three years, the main provisions of the methodology of emergency prevention on main oil and gas pipelines.

Keywords: oil trunk pipeline, gas trunk pipeline, emergency, accident, accident risks, forecasting.

На сегодняшний день одной из самых эффективных по критерию стоимости систем по транспортированию нефтепродуктов являются трубопроводы. Протяжённость газопроводов в России по данным Росстата составляет 179,3 тыс. км., нефтепроводов – 53,4 тыс. км [1]. В свою очередь, сети нефтегазопроводов относятся к опасным производственным объектам и в то же время являются пожароопасными [2-4].

По информационным данным и статистическим сведениям аварий на нефтегазопроводах за период 2016–2018 гг. «Уроки, извлеченные из аварий» Ростехнадзора [5], в которых указан год ведения нефтегазопровода в эксплуатацию, можно сделать вывод, что срок эксплуатации более 60 % нефтегазопроводов превышает 25-30 лет, около 50 % аварий, связано с коррозийными процессами, аварии на нефтепроводе сопровождаются разливом нефтепродуктов, в том числе попаданием в водоемы и реки, около 30 % случаев аварий происходит взрыв. Более половина газопроводов в России эксплуатируются с диаметром от 1 000 мм и более. По данным [6] вероятность их возгорания составляет $0{,}6 \leq P < 1$ и возможного взрыва, в рассматриваемом случае $P \approx 0{,}7$. Авария на участке магистрального газопровода «Игрим-Серов-Нижний Тагил» повторяется в течение нескольких лет, ввиду придельного срока эксплуатации, дата ввода в эксплуатацию 1966 год – более 50 лет.

Основные причины аварий на магистральных нефтегазопроводах представлены на рисунке.

В целях минимизации и снижения ущерба на магистральных нефтегазопров в результате чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, аварий, необходимо разработать методику, включающая решение следующих основных задач:

– проведение комплексного анализа состояния нефтегазопроводов, выявления основных закономерностей и причин аварий;

– получение растровых данных с применением программно-технических и аппаратных средств космического мониторинга и дистанционного зондирования поверхности Земли и привязка их к координатам;

– создание описательной модели на основе пространственно-атрибутивных и семантических характеристик и параметров магистральных нефтегазопроводов, выявление потенциально опасных зон вероятного возникновения чрезвычайной ситуации;

– разработка модели на основе методов искусственного интеллекта для прогнозирования и оценки чрезвычайной ситуации на магистральных нефтегазопровов;

– изучение воздействия поражающих факторов при аварии на магистральных нефтегазопроводах на разрушения сооружений, зданий, травмирования людей;

– разработка программного комплекса поддержки принятия управленческих решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций на магистральных нефтегазопроводах на основе геоинформационных технологий и методов геоинформатики.

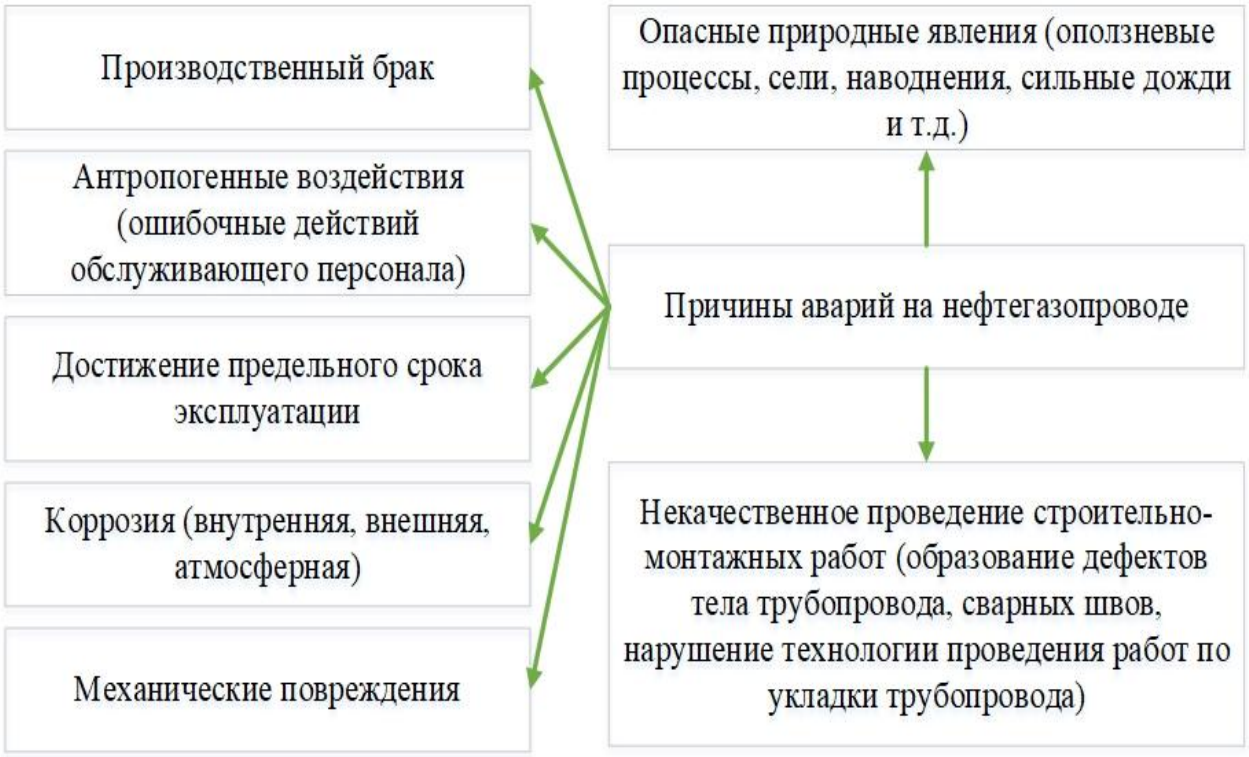


Рисунок – Структурная схема основных причин аварий на магистральных нефтегазопроводах

Разработка современных моделей с использованием методов искусственного интеллекта, геоинформатики и методики предотвращения чрезвычайных ситуаций с целью выявления зон повышенной опасности, оценки, идентификации аварийного состояния, визуализации магистрального газопровода и нефтепровода, сосредоточения разнородной информации (атрибутивной, пространственной, растровой, статистической) о нефтегазопроводе и объектах, оказывающие негативное воздействие на развитие ЧС в едином программно-вычислительном кластере – автоматизированной информационно-управляющей системе является актуальной задачей.

Снижение угрозы возникновения аварий за счет их предупреждения и прогнозирования на нефтегазопроводах [7,8], повышение промышленной и пожарной безопасности является приоритетным направлением в данной области и в дальнейшем позволит уменьшить количества аварий на объектах нефтегазовой отрасли.

Список литературы

1. Информационный ресурс Федеральной службы государственной статистики (Росстат). URL: http://www.gks.ru/ (дата обращения: 31.10.2019).

2. Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

3. Федеральный закон № 123-ФЗ от 02.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

4. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 «О техническом регулировании».

5. Информационный ресурс Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). URL: http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/ (дата обращения: 30.10.2019).

6. СТО Газпром 2-2.3-351-2009 «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ».

7. Указ Президента Российской Федерации № 2 от 01.01.2018 «Об утверждении Основ

государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года».

8. Приказ Ростехнадзора № 534 от 18.06.2009 «О мерах по предупреждению аварий на объектах газораспределения».

УДК 621.396

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Самигуллин Гафур Халафович *– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств*

Кадочникова Елена Николаевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Адсорбированный природный газ, наряду с компримированным, сетевым трубопроводным и сжиженным газом, является альтернативной формой газоснабжения населения, бытовых и промышленных предприятий. При автомобильном способе транспортирования природного газа наибольшую опасность представляет собой разгерметизация газовой автоцистерны. В этом случае происходит мгновенное разрушение герметичной оболочки с выбросом природного газа, образованием газо-воздушного облака и возникновением взрывопожароопасных концентраций. Применение насыщенных транспортируемым газом адсорбентов в объеме газовой цистерны позволяет снизить взрывопожароопасность при разгерметизации емкости с природным газом.

Ключевые слова: компримированный газ, разгерметизация, газо-воздушное облако, автоцистерна, адсорбент, взрывопожароопасность.

PROVISION OF EXPLOSION AND FIRE SAFETY IN ROAD TRANSPORT OF NATURAL GAS

Samigullin Gafur K. – Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of fire safety of technological processes and productions

Kadochnikova Elena N. – Ph.D., Associate Professor of the Department of fire safety of technological processes and productions

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. Compressed natural gas, along with network pipeline and liquefied gas, is an alternative form of gas supply to the population, household and industrial enterprises. With the automotive method of transporting compressed gas, the greatest danger is the depressurization of the gas tanker. In this case, there is an instantaneous destruction of the sealed shell with the release of natural gas, the formation of a gas-air cloud and the emergence of explosive concentrations. The use of adsorbents saturated with transported gas in the volume of the gas tank allows to reduce the explosion and fire hazard during depressurization of the container with natural gas.

Keywords: compressed gas, depressurization, gas-air cloud, tanker, adsorbent, explosion and fire hazard.

Процесс газификации всех, без исключения, регионов нашей страны – одно из самых ответственных и социально значимых направлений работы ПАО «Газпром» на энергетическом рынке России [1]. Проект Энергостратегии Российской Федерации на период до 2035

года предусматривает увеличение потребления газа на внутреннем рынке в сравнении с текущим моментом на 15 % до 1 115 млн.т./год условного топлива [2]. Решение такой масштабной задачи невозможно без развития транспортной инфраструктуры газовой промышленности, включая сооружение новых газопроводов и газоредуцирующих установок, средств хранения и доставки газового топлива водным, железнодорожным и автомобильным транспортом.

Основным препятствием для широкомасштабного применения природного газа является несовершенство систем для мелкотоннажного транспорта и хранения. Основными методами на данный момент являются системы сжатого, т.н. компримированного природного газа (КПГ): природный газа сжимается до давления свыше 25 МПа, после чего закачивается газохранилище. Недостатком этого метода является сравнительно малое количество запасаемого газа (ориентировочно 240…260 $м^3$(нтд)/$м^3$ сосуда, где 1 $м^3$(нтд) – это $м^3$ газа при 20 °С и атмосферном давлении, а также повышенные требования безопасности при эксплуатации систем компримирования, что ограничивает их применение [3].

Другим эффективным способом является хранение природного газа после процесса сжижения сжиженного природного газа (СПГ). Данный способ значительным чрезвычайно эффективен, но требует строительства специальных заводов по получению СПГ и регазификационных установок (что существенно удорожает данный вид топлива) и требует более высоких мер безопасности, связанных с дренажем испаряющегося метана, теплоизоляцией и высокой плотностью испаряющегося (холодного) метана [4,5].

Сущность адсорбционных систем для хранения и транспорта природного газа состоит в следующем. Природный газ в адсорбционных системах концентрируется внутри микропор адсорбента, при этом скорость его выхода из микропор существенно меньше скоростей, развиваемых в свободном газовом состоянии, что существенно влияет на процессы, происходящие при разгерметизации системы. В случае адсорбционной системы разгерметизация изначально «затрагивает» только газовую составляющую, которая при расширении очень быстро теряет давление. И только затем «срабатывает механизм» выхода газа из микропор (десорбция). Таким образом, при разгерметизации газ выходит медленнее и при быстро падающем давлении. Хранение метана в подобном дисперсном состоянии также ограничивает возможный объемный взрыв газа при попадании внутрь воздуха или кислорода (что само по себе является внештатной ситуацией). Адсорбционная система аккумулирования природного газа за счет меньшего давления, адсорбированного состояния природного газа в микропорах, а также за счет повышенной теплоемкости (что играет существенную роль при пожаре) обеспечивает повышенную пожаро- взрывобезопасность по сравнению с КПГ и СПГ, что в перспективе позволит использовать мобильные системы хранения на основе адсорбционных технологий. Применение пористых материалов для повышения безопасности является традиционной технологией при хранении ацетилена как одного из наиболее пожаро- и взрывоопасных газов. Аналогичные принципы применимы и для природного газа.

Другим достоинством адсорбционных систем аккумулирования кроме безопасности является также энергосбережение. Заправка при пониженных давлениях позволяет уменьшить затраты энергии на сжатие газа, а в ряде случаев вообще отказаться от компрессорного оборудования, если давление газа в источнике газоснабжения (магистральном трубопроводе или газгольдере) достаточно велико.

Отличительной чертой адсорбционных систем аккумулирования природного газа по сравнению с «традиционными» системами КПГ является достаточно высокий уровень эффективности емкости газа (150–180 $нм^3$ метана/$м^3$ баллона), и возможность применения малых и средних давлений (от 3 до 10 МПа против 22–25 МПа для КПГ).

Адсорбционные системы аккумулирования природного газа более безопасные в условиях заправки, хранения и транспорта. Системы отличаются пониженным давлением (по сравнению с КПГ) и адсорбированным («связанным») состоянием, что существенно уменьшает скорость выхода газа при разгерметизации. Для снижения взрывопожарной опасности при малотоннажном хранении и автомобильном транспорте природного газа в адсорбированном состоянии был предложен проект по созданию адсорбционной мобильной установки

для транспорта и хранения природного газа (рисунок). Адсорбционная система аккумулирования природного газа может быть использована в первую очередь для реализации альтернативных методов газоснабжения удаленных объектов бытового и производственного назначения, где прокладка газопроводов технически невозможна либо является чрезвычайно затратной. Кроме того, прокладка трубопроводов требует реализации специальных мероприятий для обеспечения безопасной эксплуатации [6].

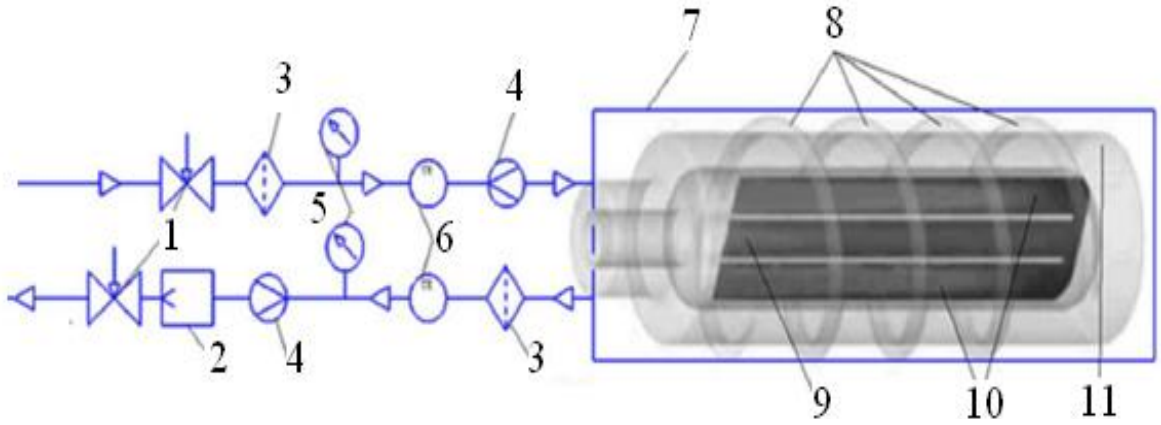


Рисунок – Схема мобильной установки для транспорта и хранения адсорбированного природного газа: 1 – клапан регулирующий проходной; 2 – вакуумный насос; 3 – фильтр газовый; 4 – расходомер; 5 – манометр; 6 *– термометр; 7 – газовая цистерна; 8, 9 – трубки системы охлаждения; 10 – адсорбент; 11 – внутренний резервуар*

Основной частью мобильной установки является корпус газовой цистерны, внутри которой находится непосредственно резервуар, в полость которого засыпается адсорбент, аккумулирующий газ. Кроме штатного оборудования, которым в настоящее время оснащаются цистерны для перевозки углеводородных газов, рассматриваемая передвижная установка для транспорта и хранения природного газа включает в себя:

– на входе-выходе аккумулирующей системы – регулирующие клапаны;

– устройство для очистки природного газа от пыли, ржавчины и других твёрдых частиц (газовый фильтр);

– система охлаждения аккумулирующего газ адсорбента;

– система десорбции, основным элементом которой является вакуум-насос для полного извлечения адсорбированного газа из цистерны;

– контрольно-измерительные приборы – расходомер, манометр и термометр.

Другой особенностью адсорбционных систем аккумулирования природного газа является их существенная зависимость от температуры: при охлаждении количество аккумулируемого газа значительно увеличивается [7]. Это дает возможность эксплуатировать адсорбционные системы аккумулирования природного газа в северных регионах нашей страны, с суровыми природно-климатическими условиями. Низкие температуры окружающей среды позволяют снизить давление заправки в сочетании с повышением объема аккумулируемого газа с одновременной утилизацией выделяемой теплоты адсорбции при заправке газовых цистерн. Одновременно понижение температуры позволяет очистить природный газ от углеводородных примесей, которые могут накапливаться в адсорбенте в ущерб аккумулированию метана из природного газа. Таким образом, применение адсорбционных систем обеспечивает снижение взрывопожароопасности при хранении и транспорте природного газа, что позволяет снизить риск аварий, открывает возможности для диверсификации систем газоснабжения в условиях плотной жилой застройки и позволяет уменьшить отрицательное техногенное воздействие на окружающую среду вследствие снижения объемов аварийных выбросов.

Список литературы

1. Проект энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года (редакция от 21.10.2019). URL: https://minenergo.gov.ru/node/1920 (дата обращения: 10.10.2019).

2. Газификация. URL: https://www.gazprom.ru/about/ production/gasification/ (дата обращения: 10.10.2019).

3. Стриженов Е.М. Разработка и исследование энергоэффективных процессов адсорбционного аккумулирования метана: диссертация ... кандидата технических наук: 05.04.03. Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана. – М., 2016. – 226 с.

4. Проекты. URL: https://www.gazprom.ru/projects/#lng (дата обращения: 10.10.2019).

5. Федорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. – М.: РГУ нефти и газа, 2011. – 158 с.

6. Самигуллин Г.Х. Оценка промышленной безопасности объектов трубопроводного транспорта // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 2. С. 137-140.

7. Школин А.В. Адсорбция метана на модельных адсорбентах, сформированных из однослойных углеродных нанотрубок // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. Т. 50. № 3. С. 227-235.

УДК 614.83+614.84

ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Круглеевский Владимир Николаевич *– доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Танклевский Антон Леонидович *– аспирант Высшей школы техносферной безопасности*

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Таранцев Андрей Александрович *– преподаватель кафедры пожарной тактики и службы*

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. Представлен подход к автоматизации процесса контроля пожарной безопасности на взрывопожароопасных объектах транспортной инфраструктуры. Предлагается для распознавания пожароопасных ситуаций использовать современныетехнологии, системы и устройства, в том числе: тепловизионный мониторинг, РЧИ-системы с ПАВ-датчиками, аспирационный электроиндукционный дымовой пожарный извещатель, реагирующий на аномальный рост концентрации аэрозолей в воздушной среде, системы контроля местонахождения людей, анализ акустического фона в помещениях.

Ключевые слова: пожарная безопасность, взрывопожароопасные помещения, автоматизация, распознавание, тепловизоры, ПАВ-дачики, РЧИ-системы, электроиндукционный пожарный извещатель.

APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF AUTOMATION OF FIRE SAFETY CONTROL OF EXPLOSIVE OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Krugleevsky Vladimir N. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
Tanklevskiy Anton L. – graduate student of the Higher School of Technosphere Security
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great
Tarantsev Andrey A. – Lecturer of the
Academy State Fire Service of EMERCOME of Russia

Abstract. An approach to the automation of the process of fire safety control at explosive objects is presented. It is proposed to use modern technologies, systems and devices for the recognition of fire-hazardous situations, including: thermal imaging monitoring, radio frequency identification systems with surface acoustic sensors for various purposes, aspiration electro-induction smoke detector that responds to an abnormal increase in the concentration of aerosols in the air, control systems for the location of people, analysis of the acoustic background in the premises.

Keywords: fire safety, explosion-hazardous premises, automation, recognition, thermal imagers, radio frequency identification systems, surface acoustic sensors,electro-induction fire detector.

Пожарную безопасность технически сложного объекта, в частности, транспортной инфраструктуры (склады, заправочные станции и т.п.) можно охарактеризовать как его состояние, при котором с регламентируемой вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара (ОФП), а также обеспечивается защита материальных ценностей [1].

Так пожарная безопасность судов в соответствии с нормативными документами обеспечивается:

– конструкцией объектов, их оборудованием и снабжением, а также поддержанием в рабочем состоянии и готовности к немедленному использованию противопожарного оборудования и средств для борьбы с пожаром;

– выполнением специальных требований пожарной безопасности при перевозке грузов, производстве погрузочно-разгрузочных, ремонтных и других видов работ;

– организационными мероприятиями по созданию системы противопожарной защиты объекта, выполнением экипажем требований по эксплуатации оборудования и соблюдением противопожарного режима, который представляет собой комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта, направленных на обеспечение пожарной безопасности.

Самые высокие требования по обеспечению пожарной безопасности предъявляются к хранилищам ряда материалов и веществ, а также к помещениям, в которых вследствие повреждений и аварий оборудования, нарушений инструкций по эксплуатации могут образовываться взрывоопасные смеси горючих газов или паров с воздухом. Возникновение во взрывоопасных помещениях даже небольшого пожара приводит к катастрофическим последствиям для объекта в целом.

Сегодня обеспечение пожарной безопасности на любых объектахосуществляется путем выполнения организационно-технических мероприятий по предотвращению возникновения пожаров и взрывов. Функции контроля пожарной опасности в определенной степени также возлагаются на системы пожарной сигнализации (СПС) и автоматического включения средств пожаротушения (АВСП), которыми оснащаются помещения взрывопожароопасных категорий. СПС реагируют на такие ОФП, как появление дыма, угарного газа, пламени, аномально быстрый рост и достижение критических значений температуры воздушной среды в помещении. Но, к сожалению, возможности по обнаружению возникающих в помещениях *пожароопасных ситуаций* у СПС и АВСП сильно ограничены, так как эти системы создавались с целью обнаружения пожаров, а не распознавания предпосылок к ним.

Понятие «пожароопасная ситуация» удачно сформулировано в методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [2], используемой МЧС РФ: «пожароопасная аварийная ситуация (пожароопасная ситуация) – ситуация, связанная с возникновением аварии, характеризующейся возможностью ее дальнейшего развития с пе-

реходом в пожар». В данной формулировке указана характерная черта, точнее причина образования пожароопасной ситуации – возникновение аварии, которая может проявляться в виде разрушения оборудования или нарушения технологического процесса, приводящих к контакту горючих веществ и материалов с источниками тепла, температура которых достаточна для начала процесса воспламенения.

Фактически обеспечение пожарной безопасности на защищаемых объектах осуществляется людьми (персоналом объекта) путем периодических обходов помещений и контроля в них текущего уровня пожарной опасности с целью распознавания возникновения пожароопасных ситуаций и ликвидации причин их вызывающих.

Помня, что причиной более 80 % пожаров, является «человеческий фактор», можно сделать вывод, что автоматизация контроля пожарной безопасности, особенно во взрывоопасных помещениях, позволит значительно повысить эффективность обеспечения пожарной безопасности защищаемых объектов.

Человек в процессе обхода помещений при контроле пожарной безопасности использует свои органы чувств – он видит, слышит, различает запахи, ощущает тепло. Известные сегодня технологии позволяют не только повторить эти функции в технических устройствах, но и расширить диапазоны воспринимаемых сигналов.

На рисунке указаны способы и устройства, совместное использование которых позволяет автоматизировать процесс контроля пожарной безопасности в помещениях технически сложных объектов.

Рисунок – Комплекс современных технологий, позволяющий автоматизировать контроль пожарной опасности

Изменение обстановки в помещении в автоматическом режиме может быть обнаружено системами телевизионного наблюдения, алгоритмическое обеспечение которых позволяет проводить анализ изображений и распознавать заданный перечень событий (смещение элементов оборудования, растекание жидкости, появление в зоне контроля новых объектов и т.п.).

Наличие в составе таких систем тепловизионных камер позволяет анализировать также тепловой портрет контролируемого объекта (помещения, технического средства, перевозимого груза) и обнаруживать пожароопасные зоны перегрева еще до начала пожарообразования.

Телевизионные камеры систем наблюдения могут быть оснащены микрофонами. Анализ числовых значений амплитуд, частот и динамики изменения сигналов, получаемых от звуковых каналов этих телевизионных камер, позволяет распознавать различные виды аварий по характерным для них звукам.

Учитывая, что контролируемые помещения могут быть затеснены (оборудованием, складируемыми грузами и т.п.) и зоны видимости телевизионных камер будут сильно ограничены, необходимо использовать датчики и сигнализаторы для контроля локальных перегревов в труднодоступных местах. К подобным датчикам и сигнализаторам должны предъявляться особые требования:

– они должны обладать высокой стойкостью к разнообразным внешним воздействиям;

– оставаться в работоспособном состоянии длительное время, исчисляемое годами;

– требовать минимального обслуживания в течение всего срока эксплуатации; быть миниатюрными;

– желательно не требовать подвода кабелей питания, т.е. быть беспроводными;

– быть дешевыми при их массовом производстве.

Сегодня такими качествами в наибольшей степени обладают датчики, созданные на основе линий задержки на ПАВ-структурах (ПАВ – поверхностные акустические волны) для систем радиочастотной идентификации.

Системы радиочастотной идентификации и регистрации объектов (сокращенно РЧИ-системы, от английского RFID–Radio Frequency Identification) – это совокупность электронных средств автоматизированного контроля и сбора информации о различных объектах, таких как транспорт, персонал, грузы, товары, ценности и др. [3].

Опасный перегрев силового электрооборудования, электропроводки, начало тления горючих материалов сопровождается выделением в воздушную среду аэрозолей. Высокодисперсные аэрозоли с диаметром частиц менее 1 мкм являются одним из эффективных косвенных показателей пожароопасного состояния оборудования. В настоящее время отечественной промышленностью созданы и серийно выпускаются несколько типов измерителей высокодисперсных аэрозолей, использующих различные принципы работы.

Разработанная в России технология обнаружения признаков пожароопасной ситуации реализована в аспирационном электроиндукционном дымовом пожарном извещателе [4]. Принцип действия извещателя основан на индуцировании электрического потенциала частицами аэрозоля, получившими электрический заряд при прохождении через область ионизации, создаваемую коронным разрядом. Извещатель хорошо фиксирует скорость увеличения интенсивности газовыделения с ростом температуры нагрева кабеля, что позволяет оперативно распознать пожароопасные ситуации.

Электроиндукционный дымовой пожарный извещатель эффективен в помещениях, где при повседневных условиях отсутствуют колебания концентрации аэрозолей в воздушной среде, так как он не отличает колебания концентрации аэрозолей при жизнедеятельности экипажа от эксплуатации технических средств. К недостаткам извещателя можно также отнести то, что он не позволяет идентифицировать конкретное оборудование по продуктам термодеструкции, в нем отсутствует защита от пыли и коагулирующих паров горюче-смазочных материалов и по этой причине он нуждается в регулярных осмотрах и обслуживании.

Какими бы эффективными не были используемые датчики и тепловизоры, но, если обрабатывать информацию, получаемую от каждого устройства, по отдельности, то распознать пожароопасную ситуацию не представляется возможным. Только совокупный анализ сразу нескольких контролируемых факторов различной физической природы позволяет определить характер пожарной опасности и место потенциального источника пожара. Поэтому

наряду с уже упомянутыми источниками информации о пожарной опасности должны использоваться данные от систем и устройств контроля нагрева узлов электрического и энергетического оборудования защищаемого объекта.

Алгоритмическое и программное обеспечение распознавания пожароопасных ситуаций будет зависеть от особенностей защищаемых объектов, количества контролируемых параметров и разнообразия их физической природы, используемых технических средств контроля.

Один из возможных подходов может быть следующим: в основу распознавания пожароопасной ситуации положим процесс сравнения текущих значений контролируемых параметров, характеризующие процессы возникновения пожара, с их допустимыми значениями при отсутствии каких-либо аварий или нештатных событий [5].

Алгоритмическое описание таких процессов довольно простое, но для реализации процесса сравнения должна быть сформирована база данных (БД), содержащая числовые значения контролируемых параметров, соответствующих допустимым диапазонам для различных внешних условий и режимов работы технических средств и оборудования.

Если использовать более сложные алгоритмы анализа и сравнения уже динамических характеристик контролируемых параметров, то можно будет не только распознавать место возникновения пожароопасной ситуации, но и определять ее характер и прогнозировать варианты развития.

Учитывая, что человек, с одной стороны может являться источником пожарной опасности, а, с другой стороны, способен обнаружить и устранить пожароопасную ситуацию, то при автоматизации процессов контроля пожарной безопасности необходимо реализовать функции отслеживания местонахождения людей в помещениях защищаемого объекта и информационного обмена с ними.

Также, используя современные информационные технологии, можно не только повысить надежность так называемого человеческого фактора, но и осуществить его автоматизированный контроль[6].

Каждая, из упомянутых выше технологий, хорошо проработана. Производство указанных технических средств контроля освоены различными отечественными предприятиями. Проблема заключается в определении организации – системного интегратора, готового на базе выпускаемой им системы осуществить реализацию функции распознавания пожароопасных ситуаций [7]. Такими системными интеграторами могли бы стать разработчики систем пожарной сигнализации, систем видеомониторинга или систем информационной поддержки при борьбе с пожарами на технически сложных объектах.

Список литературы

1. Постановление Технического комитета по стандартизации Департамента безопасности мореплавания Минтранса России от 31 октября 2003 г. № 10 «О правилах пожарной безопасности на морских судах» // ТК 318 «Морфлот», Москва.

2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах // Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». Зарегистрировано в Минюсте РФ 17.08.2009 № 14541.

3. URL: www.ru.avangard.org (дата обращения 12.09.2919).

4. Романов А.Е., Голиков А.В. Физические принципы работы инновационного аспирационного пожарного извещателя для непрерывного контроля концентрации аэрозоля в воздухе // Вопросы радиоэлектроники. – М.: ОАО «ЦНИИ Электроника». 2015. Выпуск 1. С. 104-113.

5. Способ автоматического обнаружения начальных стадий пожаров в помещениях пожароопасных объектов, содержащих тепловыделяющее оборудование // патент РФ № 2646204.

6. Круглеевский В.Н., Маринов М.Л., Скороходов Д.А. Информационно-аксиологические аспекты автоматизации контроля пожарной опасности на морских и речных судах // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 2. № 2 (40). С. 137-142.

7. Крымский В.В., Панков А.Е. Система риск-контроллинга промышленного предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета. 2014. № 2 (192). С.114-122.

УДК 614.849

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ ХЛОРА)

Гуменюк Василий Иванович *– доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы техносферной безопасности*

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация. Проанализированы проблемы обеспечения пожарной безопасности при железнодорожных перевозках аварийно химически опасных веществ на примере хлора. Рассмотрены опасные свойства хлора. Совершенствование процессов прогнозирования рассмотрено как одно из направлений снижения пожарных рисков при транспортировке аварийно-химически опасных веществ.

Ключевые слова: транспорт; хлор, аварийно-химически опасное вещество; пожарная безопасность; пожар; подвижной состав; авария; чрезвычайная ситуация.

ENSURING FIRE SAFETY OF TRANSPORTATION OF HAZARDOUS CHEMICAL SUBSTANCES (FOR EXAMPLE, CHLORINE)

Gumenyuk Vasiliy I. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Higher school of technosphere safety

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University

Abstract. The problems of fire safety during railway transportation of hazardous chemical substances on the example of chlorine are analyzed. Dangerous properties of chlorine are considered. Improvement of forecasting processes is considered as one of the ways to reduce fire risks during transportation of hazardous chemical substances.

Keywords: transport; chlorine; hazardous chemical substance; fire safety; fire; rolling stock; accident; emergency situation.

Развитие химической промышленности обеспечило необходимость транспортировки большого количества опасных химических веществ. До 4 млрд т грузов в год перевозится в Российской Федерации различными видами транспорта. Из них около 50% грузов транспортируется по железнодорожным дорогам [1], 25% из которых являются опасными. Наблюдается тенденция роста общего объема транспортных перевозок. Актуальным является решение проблем, связанных с обеспечением безопасности транспортировки опасных грузов (ОГ), значительная часть которых относится к аварийно химически опасными веществам (АХОВ).

Выброс АХОВ может привести к загрязнению окружающей среды в концентрациях, поражающих живые организмы. Среди таких веществ может быть выделен хлор, объемы перевозок которого в России достигают 700 тысяч тонн в год, что обусловлено большим количеством потребителей: предприятий химической, целлюлозно-бумажной промышленности,

металлургии, объектов водоподготовки жилищно-коммунального хозяйства и др. Проблемы безопасной транспортировки хлора вызывают значительный интерес [2,3].

Транспорт является потенциальным источником опасности. Пожары и аварии на транспорте сопровождаются большим количеством пострадавших и значительным материальным ущербом, возникновением неблагоприятных экологических и санитарно-гигиенических последствий, что обусловлено его особенностями.

Среди факторов риска при перевозке АХОВ следует выделить [1-6]:

- возрастающие объемы перевозок ОГ, в том числе АХОВ;
- возможность попадания большого количества людей в зону воздействия;
- износ, отказы оборудования;
- человеческий фактор;
- уязвимость при совершении террористических актов;
- возможность возникновения природных ЧС;
- большая протяженность дорог, железнодорожный путей;
- трудности проведения работ по ликвидации пожаров и ЧС, связанные, например, с задержкой подачи огнетушащих веществ до выяснения свойств грузов;
- необходимость обеспечения химической безопасности.

Сжиженный охлаждением хлор – зелено-желтая маслянистая жидкость с резким удушающим запахом, транспортируется в цистернах при температуре – 40 ºС и давлении 1,5-1,8 МПа. Негорючий, но способствует возгоранию других веществ. Сильный окислитель. Многие реакции, например, с водородом, аммиаком и металлами, могут привести к возгоранию или взрыву, поэтому хлор относится к пожаровзрывоопасным веществам. Ядовит и токсичен, при разгерметизации тары происходит мгновенный выброс в атмосферу в концентрации, превышающей смертельную.

Газообразный хлор приблизительно в 2,5 раза тяжелее воздуха. Хлор относится ко второму классу опасности – высокоопасным веществам, максимальная разовая концентрация хлора в воздухе населенных пунктов составляет 0,1 мг/м^3. Особенно опасен газообразный хлор, попадающий в организм через дыхательные пути. При горении хлора образуется хлороводород.

Хлор является одной из наиболее частых причин химических аварий. Впервые хлор применен в качестве боевого отравляющего вещества в январе 1915 года в Польше. Приведем примеры крупных аварий при транспортировке хлора:

- в июле 1987 г. на станции Аннау (Туркменская ССР) произошло разрушение железнодорожной цистерны с хлором. Пострадало более 160 человек;
- в августе 1991 г. в Мексике сошли с рельсов цистерны с жидким хлором, при этом более 500 человек пострадало, 17 погибло. Эвакуировано 1,5 тысячи жителей;
- в июне 1997 г. на станции Ковров Горьковской железной дороги произошла разгерметизация емкости с хлором. Пострадало 3 человека.

Причинами выбросов хлора и возникновения пожаров на транспорте могут быть: нарушения техники безопасности по транспортировке и хранении; износ оборудования, выход его из строя (например, разрушение сварных швов, неисправность предохранительных клапанов), разгерметизация; нарушение установленных норм и правил размещения химически опасных объектов; ошибки людей; столкновения, сходы с рельсов; опрокидывания; террористические акты, природные явления.

Аварийные пожароопасные ситуации при транспортировке АХОВ сопряжены с высокой степенью опасности, что определяется масштабами перевозок [5,6]. Ежедневно только по железной дороге перевозится более 700 цистерн, содержащих жидкий хлор. При этом на путях железнодорожных станций одновременно может находиться большое количество емкостей с АХОВ. На станциях обрабатывается до трех тысяч вагонов, перевозящих АХОВ в сутки [2].

Из общего количества причин пожаров на железнодорожном транспорте, лидирующую позицию (25%) занимают сходы с рельсов [2].

Развитие пожаров на подвижном составе железнодорожного транспорта имеет ряд отличий от ЧС на стационарных объектах, например, по возможности одновременного возникновения нескольких опасных событий. Высокая вероятность значительного ущерба обуславливается основными особенностями железнодорожного транспорта:

- большая масса подвижного состава;
- высокая скорость движения;
- наличие опасных участков дорог (например, тоннелей);
- наличие электрического тока высокого напряжения;
- влияние человеческого фактора;
- прохождение маршрутов вблизи населенных пунктов.

При планировании транспортировки АХОВ необходимо учесть требования и предусмотреть проведение необходимых мероприятий по обеспечению безопасности, предупреждению аварий, оповещению населения в случае пожаров, разработать план действий по локализации и ликвидации последствий. Например, располагать места временного хранения АХОВ в специализированных вагонах, цистернах в тупиках на удалении более 300 м от жилых зданий и помещений с целью уменьшения вероятности воздействия АХОВ при аварии на людей. Обеспечить прохождение железнодорожных составов с АХОВ через станцию по дальним путям с учетом розы ветров.

Для успешного решения задач по транспортировке АХОВ необходимо проведение как профилактических мероприятий, так и мероприятий по обеспечению действий, направленных на ликвидацию пожаров и аварий. Эффективность мероприятий будет зависеть от достоверного и своевременного прогноза свойств обращающихся веществ, их поведения при аварии, изучения возможных сценариев развития событий. Совершенствование процессов прогнозирования является актуальной задачей, решение которой позволит снизить пожарные риски, возникающие при транспортировке АХОВ.

Список литературы

1. Савчук О.Н., Маслаков М.Д., Громов В.Н. Совершенствование организации ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте при перевозке аварийно химически опасных веществ в случае террористических актов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 1 (49). С.24-32

2. Захаров В.П., Гуменюк В.И. перевозка и аварии на железнодорожном транспорте с аварийно-химически опасными веществами (на примере хлора) // Безопасность в чрезвычайных ситуациях – 2017: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. СПб: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2016. С. 292-296.

3. Акимов В.А., Соколов Ю.И. Риски транспортировки опасных грузов: монография. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 275 с.

4. Кияшко А.А., Одинцов Л.Г. Ликвидация последствий дорожно-транспортных происшествий при перевозке аварийно химически опасных веществ // Технологии гражданской безопасности. 2007. № 1. С. 47-50

5. Савчук О.Н. Химическая безопасность. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – 358 с.

6. Одинцов Л.Г., Запорожец А.И., Хакиев З.А. Особенности перевозки опасных грузов автомобильным транспортом // Технологии гражданской безопасности. 2009. Т. 6. № 1-2 (19-20). С. 97-10

УДК 658.382.3

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Гуменюк Василий Иванович *– доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы техносферной безопасности*

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация. Анализируются причины возникновения возможных аварий на автомобильном и железнодорожном транспорте, перевозящем аварийно химически опасные вещества. Изложены проблемы обеспечения безопасности при перевозке аварийно химически опасных веществ. Предлагаются пути решения этих проблем.

Ключевые слова: аварийно химически опасные вещества, обеспечение безопасности, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, химическая опасность.

WAYS TO IMPROVE SECURITY AND PROBLEMS DURING TRANSPORTATION OF CHEMICAL CARGOES BY TRANSPORT

Gumenyuk Vasily Iv. – Full Professor

Peter the Great St. Petersburg polytechnic university. St. Petersburg, Russia

Abstract. The causes of accidents are analyzed during transportation of chemical cargoes by motor and rail transport. The problems of safety during transportation of chemical cargoes. The ways of solving these problems.

Keywords: chemical cargoes, rail transport, motor transport, chemical hazard.

Современное промышленное производство, последствия стихийных бедствий на объекты промышленного производства и террористические акции стали постоянным источником техногенной опасности и возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Химическое производство растет наравне с увеличением производственных мощностей стран. Не менее трети всех существующих предприятий имеют дело с опасными химическими веществами – производят их или используют в своих технологических процессах.

Значительная часть аварийно химически опасных веществ (АХОВ) перевозятся подвижными химически опасными объектами, к которым следует отнести автомобильный, железнодорожный, морской и воздушный транспорт, при помощи которого круглосуточно транспортируют сотни тысяч тонн АХОВ. Под подвижными химически опасными объектами понимают объекты, при авариях и разрушениях которых могут произойти массовые поражения людей, животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды. Наибольшее количество АХОВ транспортируется железнодорожным и автомобильным транспортом [1]. Если маршруты морского транспорта, в основном, проходят вдали от заселенной территории, то железнодорожные и автомобильные маршруты неизбежно проходят вблизи населенных пунктов, а также непосредственно по ним.

На территории Российской Федерации в настоящее время функционирует свыше 10 тыс. химически опасных объектов (ХОО), на которых сосредоточены и используются значительные запасы АХОВ, при этом 70% из них расположены в 146 городах с населением более 100 тыс. человек. В основном транспортировка АХОВ с предприятий-изготовителей к объектам их потребления осуществляется автомобильным транспортом. Как правило, объекты потребления АХОВ располагаются, вблизи магистральных автомобильных дорог. Объем международных автомобильных перевозок опасных грузов по территории Российской Федерации составляет около 4 млн. т. ежегодно. Автомобильный транспорт занимает первое место в стране по аварийности перевозок грузов среди других видов транспорта. Степень риска на-

несения вреда населению и окружающей природной среде при перевозке АХОВ в несколько раз выше по сравнению с риском при перевозке обычных грузов [2].

Например, только в течение 1986—1987 гг. при транспортировке хлора в г. Зима (Иркутская область) из г. Стерлитамака (Республика Башкортостан) произошло 11 аварий, сопровождавшихся утечкой жидкого хлора, пострадало несколько человек [3]. С 2013 по 2018 годы произошло 116 ДТП с автомобильным транспортом, привозящем опасные грузы, где 7 аварий произошли с выбросом АХОВ.

Перевозка АХОВ железнодорожным транспортом имеет свою специфику. Следует отметить, что железнодорожный транспорт является серьезным источником опасности не только для пассажиров, но и для населения, проживающего в зонах транспортных магистралей, поскольку по ним перевозиться большое количество АХОВ, представляющих при аварии угрозу жизни и здоровью людей. Частотность возникновения крупных железнодорожных катастроф составляет от 5 до 20 в год [4].

Статистика происшествий на железнодорожном транспорте, связанных с выбросом АХОВ в период с 2012 по 2016 годы представлена на рисунке.

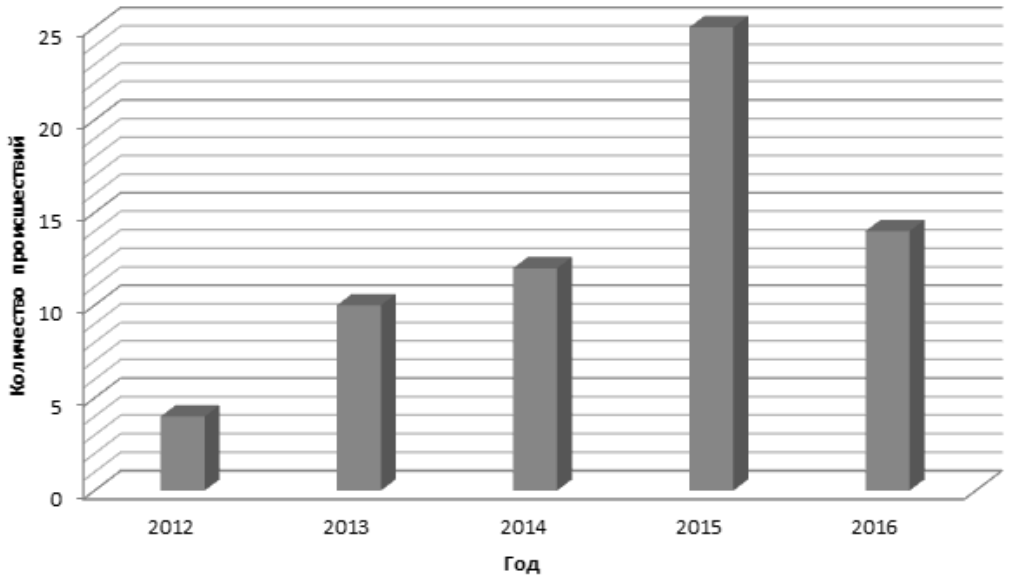


Рисунок – Статистика происшествий на железнодорожном транспорте, связанных с выбросом АХОВ в период с 2012 по 2016 годы

В последнее время из-за возрастающей угрозы террористических актов правительство Российской Федерации и международные организации столкнулись с новой чрезвычайно сложной проблемой: каким образом эффективно бороться с терроризмом и предотвращать террористические акты с использованием транспортных средств. Террористические акты могут быть совершены путём подрыва цистерн при помощи взрывчатых веществ, путем пробития резервуара с АХОВ огнестрельным оружием, или разрушение резервуара вследствие тарана [4].

Развитие чрезвычайной ситуации при террористических актах на подвижных химически опасных объектах, перевозимых транспортом будет иметь ряд отличий от аварий на стационарных объектах с АХОВ, в частности по способам инициирования события или по возможности одновременного развития событий на разных объектах. Ущерб от террористических актов на таких объектах и их последствия могут быть значительно большими, чем при промышленных авариях.

Проблемы в обеспечении безопасности и проведении ликвидации последствий при транспортировке АХОВ автомобильным и железнодорожным транспортиром возникают в результате:

– возможности осуществления аварий автомобильного транспорта, перевозящего АХОВ, на больших расстояниях от грузоотправителя (грузополучателя), что усложняет оперативное прибытие аварийных бригад;

– сложности своевременного прибытия аварийно-спасательных подразделений к месту аварии при транспортировке АХОВ в дневное время из-за значительного грузопотока на автомобильных трассах, в случае с железнодорожным транспортом труднодоступность прибытия к месту аварии ввиду отсутствия автомобильных дорог;

– невозможность в ряде случаев выбора маршрута вдали от мест массового скопления людей в населенных пунктах (города);

– необходимость быстрого восстановления движения автотранспорта на аварийном участке с проливом АХОВ;

– у железнодорожного транспорта протяженный аварийный тормозной путь, на котором так же происходит химическое заражение местности.

Пути решения указанных проблем:

– усиление скрытности информации о маршрутах и времени перевозки АХОВ автомобильным транспортом;

– заблаговременное прогнозирование последствий аварий с целью выбора маршрута с наименьшим риском химической опасности для населения;

– организации своевременного оповещения населения в случае аварии в ночное время при прохождении аварийного транспорта в черте населенных пунктов с целью принятия им мер защиты;

– привлечение технических средств, способных оперативно осуществлять ликвидацию последствий таких аварий;

– выбор места дислокации аварийно-восстановительных поездов с учётом потенциально-опасных участков;

– разработки способов оперативной локализации аварии и обеззараживания участков местности (водоемов) при проливе АХОВ;

– организации взаимодействия при ликвидации последствий аварийных бригад с подразделениями Государственной противопожарной службы МЧС России, Государственной инспекции по безопасности дорожного движения МВД России и территориальной подсистемы Единой государственной системы Российской Федерации по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

Список литературы

1. Савчук О.Н. Прогнозирование и ликвидация последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. – СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2014. – 357 с.

2. Савчук О.Н., Аксенов А.А., Крейтор В.П. Пути совершенствования методики оценки риска химической опасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 10. С. 46-55.

3. Соколов Ю.И. Вопросы безопасности транспортировки опасных грузов // Проблемы анализа риска. 2009. № 1. С. 31-32.

4. Савчук О.Н., Григорьев П.И., Сильников М.В., Шепелюк С.И. Проблемы организации обеспечения безопасности при перевозе аварийно химически опасных веществ железнодорожным транспортом // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2016. № 3. С. 28-32.

5. Савчук О.Н., Аксенов А.А. Проблемы организации оперативного выявления и ликвидации аварий на автотранспорте, перевозящем АХОВ // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях: материалы VII Международной научно-практической конференции. – СПб.: 2015. С. 102-107.

УДК 656.225:502

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ НЕФТЕПРОДУКТОВ В СЛУЧАЯХ ИХ ВОЗГОРАНИЙ

Савчук Олег Николаевич *– кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры сервиса безопасности*
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В настоящее время значительный объем нефти и продуктов ее переработки доставляется в отдаленные районы России до энергопотребителя в основном трубопроводным и железнодорожным транспортом. Однако перевозка нефтепродуктов железнодорожным транспортом не является безопасной и при авариях может привести к гибели людей и значительным разрушениям.
Ключевые слова: железнодорожный транспорт, нефть, авария, пожар, чрезвычайные ситуации, взрыв.

PROBLEMS AND WAYS TO ENSURE SAFETY WHEN TRANSPORTING BY RAIL OIL PRODUCTS IN THE EVENT OF ITS FIRE

Savchuk Oleg N. – PhD, Professor, Professor at the Department of safety service
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. Currently, a significant amount of oil and its refined products is delivered to remote regions of Russia to the energy consumer, mainly by pipeline and rail. However, the transportation of petroleum products by rail is not safe and in case of accidents can lead to deaths and significant damage.
Keywords: railway service, oil, traffic hazard, fire, emergency situations, explosion.

В настоящее время значительный объем нефти и продуктов ее переработки доставляется в отдаленные районы России до энергопотребителя в основном трубопроводным и железнодорожным транспортом. Не во все районы России экономически целесообразно осуществлять поставки нефти трубопроводным транспортом. В связи с этим из года в год идет нарастание поставок нефтепродуктов железнодорожным транспортом. Кроме того, наметилась тенденция увеличения ежегодных поставок нефтепродуктов на экспорт железнодорожным транспортом (таблица).

Таблица – Технические характеристики основных железнодорожных цистерн используемых для перевозки нефтепродуктов

Модель	Назначение	Грузоподъемность, т	Объем котла, $м^3$
15-869	бензин, светлые нефтепродукты	62	88,6
15-1427	бензин	60	73,1
15-1566	для вязких нефтепродуктов	63,5	73,17
15-011	нефтепродукты	60	73,7
15-011-01	нефтепродукты	66	72,38
15-145	нефтепродукты светлые	66,8	91,8
15-031-02	нефтепродукты	66	73,38

Следует отметить, что только одним железнодорожным составом можно перевезти до 4 000 т. При этом количество цистерн в составе может достигать до 60–70 единиц. Нефтепродукты перевозятся специальными вагонами-цистернами, технические характеристики которых представлены в таблице [1]. Преимуществом перевозки нефтепродуктов железнодо-

рожным транспортом является:

– возможность транспортировки круглый год независимо от погодных условий;

– в большинстве случаев сокращением времени доставки по сравнению с морским или речным транспортом;

– способность транспортировки в отдаленные районы при развитой сети железных дорог;

– возможность транспортировки довольно значительных объемов нефтепродуктов.

Однако перевозка нефтепродуктов железнодорожным транспортом не является безопасной и при авариях может привести к гибели людей и значительным разрушениям. Прежде всего, аварии, произошедшие в непосредственной близости от населенного пункта с возгоранием нефтепродуктов, могут привести к охвату пожаром соседних составов в районах железнодорожных станций и сортировок, а при взрывах поражение людей и разрушение близко расположенных зданий и сооружений. Кроме того, в результате пожара цистерн с нефтепродуктами от образовавшегося облака задымления у людей, оказавшихся в нем, возможны отравления верхних дыхательных путей.

Нефть и такие продукты ее переработки как бензин, керосин и углеводородные газы являются нервными ядами, обладающими наркотическим действием и поражают центральную нервную систему. Они вызывают головокружение, общую слабость организма, нередко заканчивающуюся потерей сознания. Нефть н жидкие нефтепродукты, попадая на кожу, обезжиривают и сушат ее, вызывают различные кожные заболевания (экземы, дерматиты).

Углеводородные газы и пары нефтепродуктов при высокой концентрации действуют на организм наркотически, парализуют центральную нервную систему, раздражают слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, они растворяются в крови и с нею проникают в спинной и головной мозг. Сжиженные газы оказывают на кожу человека обмораживающее действие. Нефтепродукты (масла) при частом контакте с кожей вызывают некроз тканей, гнойничковые заболевания кожи, при попадании в глаз – помутнение роговицы. Кроме того, нефть при разливе, попадая в почву, вызывает необратимые изменения, влекущие за собой ухудшение состояния растительности и биопроизводительности земли.

Проблемы обеспечения безопасности при перевозке нефтепродуктов железнодорожным транспортом усугубляются вследствие возможности нарастания террористических актов, последствия которых могут вызвать значительно больший ущерб, нежели при авариях [2]. Расчеты показывают, что при возгорании одной цистерны в железнодорожном составе при несвоевременной локализации пожара возможен «каскадный пожар» с охватом остальных цистерн, образование пожара-вспышки и «огненного шара», взрывы. Только взрыв одной цистерны может привести к увеличению площади пожара свыше 1 400 м^2 [3]. Причем ширина пожара от возгорания одной цистерны достигает 9 м, что перекрывает расстояние между соседними составами, а площадь разлива через 25 мин после аварии может составить около 1 250 м^2 [3]. Проблема своевременной локализации пожара и таким образом обеспечения безопасности населения осложнена временем прибытия сил реагирования РСЧС, а также пожарно-восстановительных поездов РЖД России, которые могут прибыть в худшем случае через 40 минут после аварии. Кроме того, наличие большого количества стоящих на железнодорожных путях составов вызывает трудности доставки пожарной спецтехники и прокладки рукавных линий к месту пожара. Пути совершенствования обеспечения безопасности:

1. Следует пересмотреть нормативные правила [4] удаления объектов от железных дорог с учетом повышения возможности осуществления террористических актов и более значительных зон поражающих факторов при пожарах со взрывом железнодорожных составов с нефтепродуктами.

2. Предусмотреть формирование составов с меньшим количеством цистерн, чередуя их платформами с другим не пожароопасным грузом. Это упростит задачу по локализации аварии и оперативному отцеплению аварийной цистерны от всего состава и не приведет к возгоранию соседних цистерн.

3. Целесообразно в целях снижения зоны опасного возгорания пролитой нефти при разгерметизации цистерн оперативное добавление углеводородных наночастиц в состав неф-

тепродуктов, позволяющих на 10–20 % снизить площадь разлива и тем самым снизить зону пожара и его поражающих факторов.

4. Предусмотреть своевременное прибытие подразделений к месту пожара не позднее 10 мин, для чего спланировать предварительное выдвижение их при прохождении таких составов на потенциально опасные участки железнодорожного маршрута с большим уклоном местности.

5. Предусмотреть привлечение мобильных средств тушения пожаров с помощью вертолетов в случаях возгораний цистерн в составе на железнодорожных перегонах вдали от населенных пунктов.

6. Для повышения безопасности сотрудников ГПС МЧС России при тушении «каскадных» пожаров и взрывах цистерн с нефтепродуктами целесообразно привлекать мобильную роботизированную технику по тушению пожара, а также совершенствовать теплозащитные свойства боевой одежды пожарных-спасателей на основе нанотехнологий.

7. Совершенствовать способы снижения рисков при частичной разгерметизации цистерн с возгоранием путем применения новых технологических устройств.

Список литературы

1. Специализированные цистерны для перевозки опасных грузов. Справочное пособие. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 214 с.

2. Ковтун Ю.А., Шевцов Р.М. Террористические угрозы на объектах транспорта: общие тенденции и вопросы противодействия. – СПб.: Государство и право. Юридические науки, 2017. – 70 с.

3. Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и АХОВ на объектах железнодорожного транспорта. – М.: МПС России, 1997.

4. Федеральный закон от 10.07.2012 № 117-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

5. Ахремочкин С.А., Резчиков П.В. Особенности тушения пожаров на железнодорожном транспорте // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы. 2018. С. 532-537.

6. Трофимов Ю.Д., Сметанкина Г.И., Дорохова О.В. Особенности пожаров на железнодорожном транспорте // Экономика и социум. 2018. № 11(54). С. 1275-1278.

УДК 658.382.3

ПУТИ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ПРИ ДОРОЖНОЙ ПЕРЕВОЗКЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Елисеев Дмитрий Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях*

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Аннотация. В статье рассматриваются основные вопросы организации безопасной транспортировки аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом. Для снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на транспорте, перевозящем аварийно химически опасные вещества предлагается производить анализ рисков перед планированием маршрута перевозки таких грузов и с учетом данных, полученных в ходе анализа разработать паспорт безопасности маршрута транспортировки аварийно химически опасных веществ.

Ключевые слова: риски, аварийно химически опасные вещества, опасные грузы, автомобильный транспорт, анализ рисков, паспорт безопасности маршрута.

WAYS TO REDUCE THE RISKS OF TRANSPORTATION OF ACCIDENTALLY CHEMICAL HAZARDOUS SUBSTANCES BY MOTOR TRANSPORT

Eliseev Dmitry V. – Docent Department of Life Safety in the technosphere and human protection in emergency situations

Orel State University named after I.S. Turgenev

Abstract. The article considers safe transportation issues chemical hazardous substances by motor transport. Risk analysis proposed to produce before planning a transportation route hazardous substance by motor transport. Necessary for reduce the risk of emergencies. Development route safety data sheet transportation route hazardous substance by motor transport.

Keywords: risk, hazardous substance, dangerous goods, motor transport, risk analysis, route safety data sheet.

Ежегодно большое количество аварийно химически опасных химических веществ (АХОВ) перевозится транспортом, маршруты которого вынужденно проходят вблизи населенных пунктов. В России автомобильным транспортом перевозится до 40% общего объема перевозимых грузов, причем доля опасных грузов в общем объеме грузовых перевозок постоянно растёт и составляет порядка 800 млн. тонн в год.

В настоящее время остается довольно высока вероятность риска аварий на транспорте, перевозящем АХОВ. Причинами высокой опасности при перевозке АХОВ являются [1]:

1. Изношенность и неисправность транспортных средств.

2. Неудовлетворительное состояние дорожного полотна. По данной причине происходит даже больше дорожно-транспортных происшествий (ДТП), чем вследствие технических неисправностей транспортных средств. К аварийным ситуациям приводят ямы, рвы, трещины на дорожном покрытии, открытые канализационные колоды, люки, которые зачастую отклоняются от уровня дорожного покрытия больше максимально допустимых 2 см.

3. Неуважение на дороге других участников дорожного движения и управление транспортом средством в нетрезвом состоянии.

4. Неблагоприятные погодные условия.

5. Возможность осуществления террористических актов на автомобильном транспорте, перевозящем АХОВ.

Одним из основных документов, регламентирующих правила провозки АХОВ, является Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) [2]. На территории Российской Федерации обеспечение безопасности перевозок АХОВ осуществляется на основании Правил перевозки опасных грузов автомобильным транспортом, утвержденных приказом Министерства транспорта [3]. В данных документах говорится о том, что разработкой маршрута транспортировки занимается автотранспортная организация, осуществляющая перевозку АХОВ и согласовывает с Государственной инспекцией безопасности дорожного движения (ГИБДД) МВД России.

На сегодняшний день при планировании маршрута транспортировки АХОВ автотранспортной организацией учитываются следующие ограничения: выбор маршрута производится с учетом объезда крупных промышленных объектов, заповедников и особо охраняемых территорий, объектов с массовым пребыванием людей, и лечебных учреждений. Как правило частные предприятия разрабатывают маршрут с учётом наиболее дешевого способа доставки АХОВ, пренебрегая безопасностью.

Одним из путей снижения опасности при перевозке АХОВ является анализ рисков, на основе чего производится выбор наиболее безопасного маршрута. Для снижения рисков воз-

никновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) на транспорте, перевозящем АХОВ предлагается производить анализ рисков перед планированием маршрута перевозки таких грузов.

Анализ рисков должен производится следующим образом:

1. В ходе анализа необходимо определять возможность возникновения аварий на маршруте перевозки с оценкой последствий данной аварии при помощи методик прогнозирования, таких как [4,6,7].

2. Определять уровень риска для населения, проживающего вблизи маршрута транспортировки АХОВ.

3. Оценивать возможность воздействия опасных природных явлений, а также ЧС на объектах, расположенных вблизи маршрута перевозки АХОВ.

4. Оценивать возможность прохождения маршрута через крупные населенные пункты, объекты с массовым пребыванием людей.

Вторым из путём снижения опасности при перевозке АХОВ является разработка паспорта безопасности маршрута транспортировки АХОВ, который будет включать в себя [5]:

1. Описание основных характеристик маршрута.

2. Схематичное изображение маршрута на карте с обозначением опасных участков, мест стоянок и отдыха, заправок и т.д.

3. Выводы из анализа оценки риска.

4. Рекомендации для снижения риска на маршрутах перевозки АХОВ.

Немаловажными факторами при планировании маршрута перевозки АХОВ являются:

1. Время суток.

2. Погодные условия с точки зрения наименьшего распространения облака зараженного воздуха в случае аварии автотранспорта с АХОВ. Так например при дожде зона возможного химического заражения будет намного меньше чем при ясной погоде. На площадь химического заражения могут повлиять такие метеорологическое параметры, как состояние стратификации атмосферы (инверсия, конвекция, изотермия), температура воздуха и скорость ветра.

3. Особенности рельефа местности и подстилающей поверхности, на которую происходит пролив АХОВ.

Подводя итог, можно сказать что предлагается два пути снижения рисков при перевозке АХОВ, первый заключается в проведении анализа рисков при планировании маршрута транспортировки АХОВ, и на основе данного анализа разработка паспорта безопасности маршрута транспортировки АХОВ. В местах, где наблюдаются повешенные значения рисков необходимо заблаговременно проводить мероприятия по их снижению. В том случае, если невозможно снизить риски необходимо уменьшать количество перевозимых АХОВ.

Список литературы

1. Войтенков А.И. ДТП с участием перевозчиков опасных грузов // Автотранспортное предприятие. 2008. № 9. С. 15-17.

2. ДОПОГ. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов: офиц. текст // Организация объеденных наций. Нью-Йорк и Женева. 2018.

3. Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом [Электронный ресурс]: Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом утв. и введ. в действие приказом Минтранса РФ от 08.08.1995 г. № 73 - Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации. URL: http://www.docs.cntd.ru (дата обращения: 20.11.2019).

4. Методика расчета токсодоз и вероятности прогнозирования поражения сильнодействующими ядовитыми веществами. – М.: ВНИИ ГОЧС. 1993. – 44 с.

5. Сильницкая Ю.О., Муравьева Е.В. Снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций при дорожной перевозке опасных грузов по территории г. Казани // Вестник НЦБЖД. 2013. № 3. С. 84-86.

6. РД 52.04.253-90 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объек-

тах и транспорте. Введ. 1990-07-01. – Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: http://www.docs.cntd.ru (Дата обращения: 19.09.2015).

7. Савчук О.Н. Прогнозирование и ликвидация последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. – СПб.: СПб УГПС МЧС России. 2014. – 357 с.

УДК 614.849

СПОСОБ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА

Дементьев Федор Алексеевич *– кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз*

Шарапов Владимир Сергеевич *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Уткин Сергей Вячеславович *– начальник*

ФГБУ Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы Испытательная пожарная лаборатория по городу Санкт-Петербургу

Аннотация. В работе приводятся результаты исследования интумесцентных покрытий на основе лакокрасочных материалов Термобарьер-2 и DEF-521, как исходных, так и искусственно состаренных на 1, 12 и 36 месяцев. Показано, что для оценки свойств покрытий в период их эксплуатации целесообразно использовать метод синхронного термического анализа. Применение данного метода исключает нарушение целостности покрытия и не предполагает особых требований к размеру и форме исследуемых проб.

Ключевые слова: интумесцентные покрытия, искусственное старение, термический анализ, оценка огнезащитных свойств.

THE WAY OF STUDYING OF CHARACTERISTICS OF METALL CONSTRUCTIONS INTUMESCENT COATINGS ON THE TRANSPORT OBJECTS

Dementiev Fedor A. – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the criminal science department and technical engeening assessment

Sharapov Vladimir S. – adjunct of the faculty of training highly qualified personnel Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Utkin Sergey V. – Head of institution

Forensic expert institution of the federal fire service Test fire laboratory» in the city of St. Petersburg

Abstract. In the research the study of intumescent coatings based on coatings Thermobarrier 2 and DEF-521 both original and artificially aged by 1, 12 and 36 months. It is showed that for the coatings' features assessment in the period of operation it's appropriate to use a method of simultaneous thermal analysis. This method application excludes failures in the integrity of the coating and doesn't imply special requirements to the dimension and shape of the studied samples.

Keywords: intumescent coatings, artificial ageing, thermal analysis, flame retarding properties assessment.

Интумесцентные лакокрасочные покрытия применяются для огнезащиты различных

объектов транспорта, например, несущих конструкций железнодорожных и автомобильных тоннелей, трубопроводов, по которым осуществляется транспортировка газа, нефти и нефтепродуктов. При оценке их эффективности в основном используются различные испытательные установки [1]. Такой подход применим при разработке новых составов, при этом мало внимание уделяется сохранению характеристик интумесцентных покрытий со временем их эксплуатации. Гарантийные сроки, устанавливаемые в технической документаций к исходным лакокрасочным материалам, могут значительно изменяться в зависимости от условий эксплуатации и влияния различных факторов окружающей среды. В этой связи интерес представляет разработка способов, позволяющих без существенного повреждения целостности покрытия, проводить оценку его основных характеристик.

Целью данного исследования является изучение возможности оценки огнезащитной эффективности интумесцентных покрытий, подвергшихся искусственному старению, термическими методами анализа.

В работе в качестве объектов исследования были выбраны отечественный и зарубежный образцы огнезащитных лакокрасочных материалов (ЛКМ) – Термобарьер-2 и DEF-521. Образцы наносились на металлические пластины размером 10х10х4 см. Гарантийный срок эксплуатации покрытия из ЛКМ Термобарьер-2 в соответствии технической документацией составляет 10-20 лет, покрытия из ЛКМ DEF-521 – 30 лет. Покрытие Термобарьер-2 предназначено для эксплуатации в условиях воздействия открытой промышленной атмосферы климатических зон при температуре воздуха от -60 ^{o}C до +60 ^{o}C. Данный материал относится к продуктам на основе эпоксидных смол. Образец DEF-521 относится к материалам на основе алкидных смол, его рекомендуется применять на открытом воздухе в атмосфере всех типов и всех атмосферно-коррозионных категорий климатических зон. Оно обладает повышенной стойкостью к различным механическим воздействиям, а также воздействию агрессивных сред.

Для определения возможности оценки огнезащитных характеристик покрытий методами термического анализа полученные образцы, нанесенные на металлическую подложку, были подвергнуты процедуре искусственного старения, в соответствии с ГОСТ 9.401-91 «Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов», на 1, 12 и 36 месяцев.

Синхронный термический анализ проводился с помощью прибора Netzsch STA 449 F3 Jupiter.Дилатометрический анализ выполняли на приборе PerkinElmer TMA 4000. Для проведения анализа данными методами требуется проба диаметром 5 мм и толщиной не более 2 мм. Проведенные исследования показали, что при таком размере отбираемой с поверхности металлических образцов пробы покрытия не нарушается ее огнезащитная эффективность, при вспучивании в результате термического воздействия места взятия проб нивелируются.

Метод дилатометрии применялся с целью определения коэффициента термического расширения исследуемых образцов интумесцентных покрытий (коэффициента вспучивания). Он определяется как отношение толщины пенококса после вспучивания к исходной толщине покрытия.

Результаты дилатометрического анализа отобранных образцов огнезащитных покрытий DEF-521 и Термобарьер-2 (после искусственного старения на 1, 12 и 36 месяцев) представлены в таблице 1 и в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты дилатометрического исследования интумесцентного покрытия DEF-521

№ п/п	Период искусственного старения, месяц	Толщина исходных покрытий, мм	Коэффициент вспучивания
1.	1	1,88	2,15
2.	12	1,58	2,58
3.	36	1,99	2,47

Таблица 2 – Результаты дилатометрического исследования интумесцентного покрытия Термобарьер-2

№ п/п	Период искусственного старения, месяц	Толщина исходных покрытий	Коэффициент вспучивания
1.	1	1,58	1,94
2.	12	1,12	3,2
3.	36	1,52	1,65

Наблюдается большой разброс получаемых значений дилатометрического анализа. Возможно, что оценки огнезащитных характеристик покрытия по измерению толщины его слоя после нагрева требуется более тщательно подходить к способу пробоотбора и размеру исследуемых проб.

Синхронный термический анализ включал в себя дифференциально-сканирующую калориметрию и термогравиметрию. Использовался корундовый тигель с крышкой. Температурная программа: диапазон температур 30-1000 ^{o}C, скорость нагрева 10 ^{o}C/мин, атмосфера – воздух. Данный метод широко применяется для исследования полимерных материалов и лакокрасочных покрытий [2,3].

В результате сравнения полученных термограмм покрытия DEF-521 искусственно состаренного на 1, 12 и 36 месяцев было установлено, что при увеличении сроков эксплуатации снижается температура начала процесса вспучивания покрытия, при этом наблюдается увеличение потери массы образца в ходе данного процесса. Наблюдается сдвиг всех температурных показателей на термогравиметрической кривой. Это свидетельствует о снижении термостабильности образца ЛКП. По мере увеличения срока искусственного старения уменьшается остаточная масса образцов, что может свидетельствовать о миграции из покрытия целевых добавок. Также снижается скорость процессов образования вспученного слоя. Данный процесс характеризуется двумя основными этапами и для них обоих наблюдается снижение скорости потери массы, что фиксируется на кривых дифференциального термогравиметрического анализа (ДТГ) (рисунок 1).

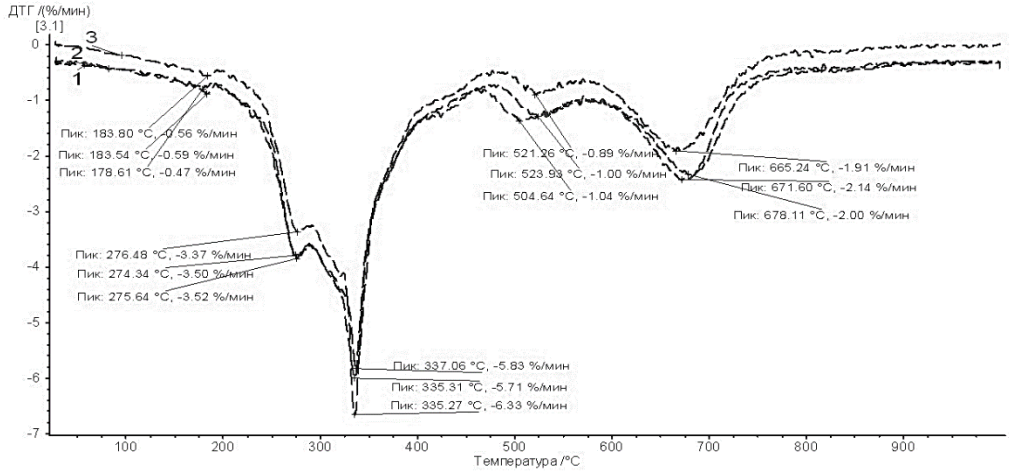


Рисунок 1 – Кривые ДТГ образцов интумисцентного лакокрасочного покрытия DEF-521 подвергнутого искусственному старению на 1, 12 и 36 месяцев, кривые 1, 2 и 3 соответственно

Для покрытия Термобарьер-2 наблюдается также снижение остаточной массы, при этом на кривых ДТГ наблюдается увеличение скорости потери массы материала при образовании пенококса. В данном случае процесс имеет более сложный характер по сравнению с импортным образцом. На кривых ДТГ наблюдается не только изменение скорости процессов на всех этапах разложения покрытия, но и вид кривой, что говорит о неоднородности состава

исследуемых покрытий (рисунок 2).

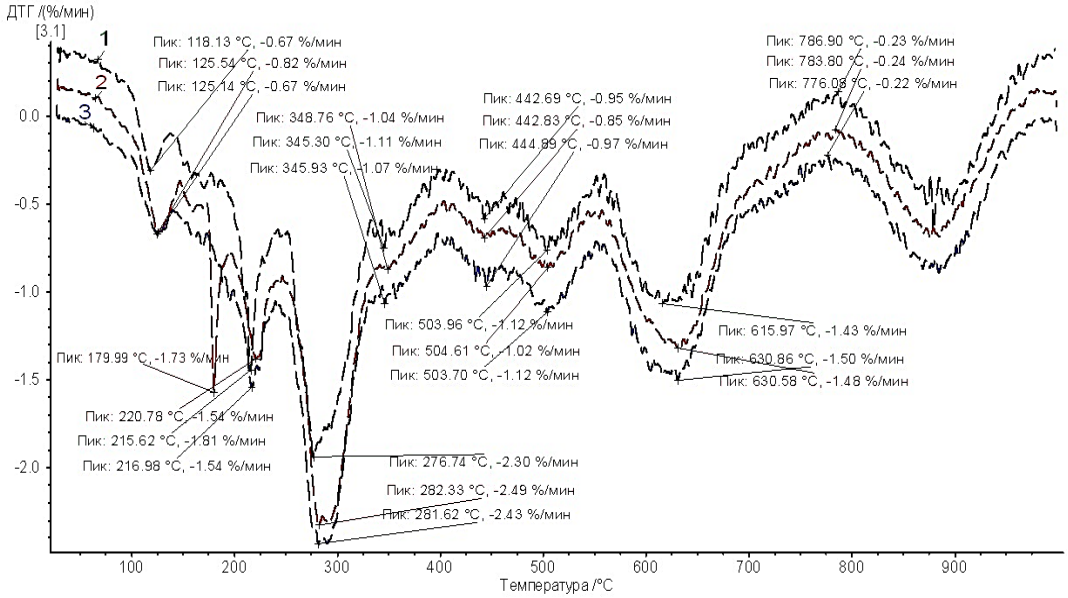


Рисунок 2 – Кривые ДТГ образцов интумисцентного лакокрасочного покрытия Термобарьер-2 подвергнутого искусственному старению на 1, 12 и 36 месяцев, кривые 1, 2 и 3 соответственно

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что для профилактической оценки эффективности нанесенных на металлические конструкции интумесцентных покрытий в период их эксплуатации целесообразно использовать метод синхронного термического анализа, основанный на изучении изменений свойств, связанных с компонентным составом материала. В этом случае даже при относительно небольшом сроке эксплуатации видны закономерные изменения, на основе которых можно предложить численные критерии оценки огнезащитной эффективности интумесцентных покрытий. Следует отметить, что применение данного метода исключает нарушение целостности покрытия и не предполагает особых требований к размеру и форме исследуемых проб, а, следовательно, и к этапу пробоотбора.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. – М.: Стандартинформ. 2009. – 22 с.

2. Павлович А.В., Дринберг А.С., Машляковский Л.Н. Огнезащитные вспучивающиеся лакокрасочные покрытия. – М.: ООО «Издательство «ЛКП-Пресс»». 2018. – 488 с.

3. ГОСТ Р 51293-99 Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа. – М.: Стандартинформ. 2009. – 23 с.

4. Пожарно-техническая экспертиза: учебник / М.А. Галишев, Ю.Н. Бельшина, Ф.А. Дементьев и др. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2014. – 352 с.

5. Чешко И.Д. Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. в 2-х книгах. Кн. 2. – СПб.: ООО «Береста», СПб ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2012. – 364 с.

6. Сикорова Г.А. Изучение возможности использования метода ультразвуковой дефектоскопии для исследования стальных изделий в целях пожарно-технической экспертизы // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 2. № 7. С. 323-325.

УДК 614.895.5

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИАРАМИДНЫХ ВОЛОКОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ивахнюк Григорий Константинович *– профессор, доктор химических наук, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств*

Борисова Валерия Анатольевна *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Целью работы являлось исследование термической стойкости материалов, применяемых при конструировании корпусов транспортных средств, а именно волокон полиарамидных нитей, модифицированных эпоксидными композициями, в структуру которых были депонированы одностенные углеродные нанотрубки, астралены и углерон. Осуществлен анализ термогравиметрических характеристик образцов при нагревании. Результаты экспериментов позволяют сделать вывод о возможности использования модифицированных волокон полиарамидов в элементах корпусов транспортных средств в связи с их улучшенными показателями термостойкости.

Ключевые слова: кевлар, наноструктуры, астралены, углерон, одностенные углеродные нанотрубки, этанол, эпоксидный композит, транспорт, термическая стойкость.

POLYARAMIDE FIBERS MODIFIED WITH CARBON NANOSTRUCTURES TO INCREASE THE THERMAL STABILITY OF VEHICLE BODY ELEMENTS

Ivakhniuk Grigorii K. – Professor, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of fire safety of technological processes and production

Borisova Valeriya A. – adjunct of the faculty of training highly qualified personnel

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The aim of the work was is study the thermal stability of the materials used in the construction of vehicle bodies, namely the fibers of polyaramide filaments modified with epoxy compositions. Single-walled carbon nanotubes, astralen and carbon nanoparticle sulfadduct were deposited into the structure of epoxy compositions. The analysis of the thermogravimetric characteristics of the samples was carried out during heating. The results of the experiments confirm the possibility of using modified polyaramide fibers due to their improved heat resistance indicators of the elements of vehicle bodies.

Keywords: kevlar, nanostructures, astralen, carbon, single-walled carbon nanotubes, ethanol, epoxy composite, hydrocarbon combustion, thermal stability.

Процессы ремонта и эксплуатации транспортных средств характеризуются повышенной пожарной опасностью. Большая часть случаев горения транспортных средств происходит в процессе проведения ремонтных работ. Связано это с тем, что при выполнении ремонтных работ применяются горючие полимерные материалы – клеи, мастики, полиарамиды, углеродные материалы, которые имеют высокую пожарную опасность.

Некоторое оборудование современных воздушных, морских и железнодорожных транспортных средств производится с использованием полиарамидных волокон. Легкость и устойчивость этих полимерных композитных материалов способствует снижению расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание транспортных средств. Из полиарамидных волокон производят створки шасси самолетов, отсеки крыла и поверхности управления, гондолы двигателя, лопасти винтов. Полиарамидные материалы применяются при проектировании

внутренних конструкций морских судов. Полиарамиды применяются при создании электрической обвязки проводов и кабельных жгутов.

Применение данных материалов позволяет добиться соблюдения необходимых требований стандартов безопасности, не принося при этом в жертву комфорт пассажиров и эстетичный вид интерьеров салонов транспортных средств.

Несмотря на все свои преимущества, изготовленные на основе полиарамидных волокон материалы склонны к разрушению под воздействием высокой температуры, ультрафиолета, водяного пара, агрессивной химической среды, то есть ряда факторов, характерных для пожаров на транспортных средствах.

Применение углеродных наноструктур в материалах корпусов транспортных средств открывает возможность повышения их термических и механических свойств, и, как следствие, способствует повышению безопасности на транспорте.

В связи с этим, в качестве метода совершенствования конструктивных элементов транспортных средств был предложен и проанализирован вариант модификации волокон полиарамидного композитного материала (кевлара) путем введения в структуру образцов различных углеродных наноструктур (УНС), в числе которых одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ) [1], астрален [2] и углерон [3].

Такой вариант модификации позволяет замедлить процессы разрушения материалов. Происходит это за счет увеличения энергии, которая потребуется для разрушения структурированного образца, увеличения отражательной способности материала, которая наблюдается за счет заполнения модифицирующим составом микротрещин, способных к поглощению света и излучения.

Объектом исследования выступали полиарамидные волокна [4], модифицированные эпоксидными композициями с содержанием углеродных наночастиц. Для подготовки состава–модификатора использовалось эпоксидное связующее «ЭпоксиПАН», с диспергированными углеродными наноструктурами. Подготовка модифицированных УНС суспензий осуществлялась путем введения под действием ультразвука в структуру низкомолекулярного отвердителя УНС.

В результате было получено три вида суспензий для обработки нитей с концентрациями УНС 0,5–1,0 об. %. Образцы полиарамидных волокон длиной 20 см погружались в полученные суспензии на 24 часа, после чего высушивались при комнатной температуре в течение 72 часов.

Для оценки поведения модифицированных материалов в условиях термического воздействия были исследованы характеристики модифицированных волокон полиарамидов с использованием метода дифференциально-термического анализа согласно методике [5].

Результаты экспериментальных данных показывают, что в интервале температур 150–350 ^{o}C наибольший тепловой эффект реакции горения, показателем которого является разность температур от начала термической деструкции до воспламенения, наблюдается для контрольного образца необработанного кевлара.

Для волокон модифицированного кевлара в интервалах температур до 500 ^{o}C, полного прекращения экзотермических реакций не наблюдается. Для образца кевлара, обработанного модифицирующим составом нанокомпозита «ЭпоксиПАН» с добавлением в структуру отвердителя наночастиц астралена, ярко выражено значительное (порядка 100 ^{o}C) увеличение как температуры начала термической деструкции, так и температуры воспламенения (рисунок).

В интервале температур, при которых происходит горение полимерных материалов корпусов транспортных средств (150-350 ^{o}C), наибольший тепловой эффект наблюдается нами при нагревании контрольного образца, а минимальное значение теплового эффекта среди образцов выявляется для кевлара, модифицированного нанокомпозитом «ЭпоксиПАН» с добавлением в структуру отвердителя ОУНТ (таблица).

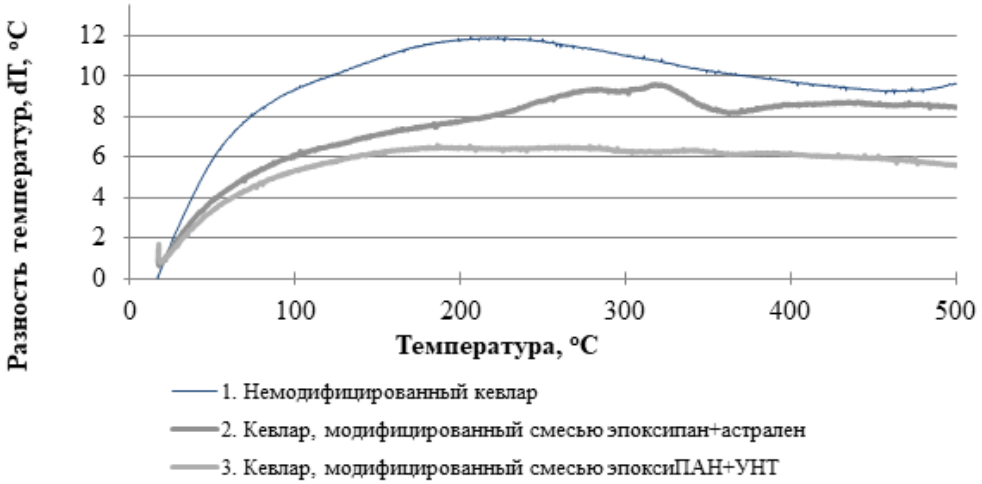


Рисунок – Результаты дифференциально-термического анализа нитей кевлара, модифицированных нанокомпозитом «ЭпоксиПАН» с УНС

Таблица – Анализ графика ТГ-кривых нитей кевлара, обработанного наномодифицированным композитом «ЭпоксиПАН»

Образцы	Чистый кевлар	Кевлар (ОУНТ+«ЭпоксиПАН»)	Кевлар (астрален+«ЭпоксиПАН»)
Температура начала термической деструкции, °С	115	123	217
Температура воспламенения вещества, °С	222	186	318
Температура прекращения экзотермических реакций, °С	полного прекращения термических реакций не наблюдается		
Дельта температуры от начала термической деструкции до воспламенения, °С	2,00	0,83	1,58

Для образцов полиарамидных волокон, модифицированных суспензиями наночастиц, наблюдается увеличение температуры начала термической деструкции и температуры воспламенения, а также увеличение теплового эффекта реакции горения, что подтверждает предположение о положительном воздействии наномодификации на термическую стойкость волокон. Описанный способ модификации позволяет не только повысить безопасность на транспорте, но и продлить срок службы каждого транспортного средства.

Таким образом, модификация полиарамидных волокон при помощи углеродных наноструктур – это новый подход к обеспечению пожарной безопасности объектов транспорта.

Список литературы

1. Одностенные углеродные нанотрубки – OCSiAl. URL: www.ocsial.com/ru/material-solutions/tuball (дата обращения: 09.04.2019).

2. Ponomarevh A.N., Shamesa A.I. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles, Diamond and Related Materials. 2009. Vol. 18. P. 505-510.

3. Пономарев А.Н., Юдович М.Е., Козеев А.А. Сульфоаддукт нанокластеров углерода и способ его получения. Заявка на изобретение РФ № RU 2010105074/20(007140), приоритет от 08.02 2010 г.

4. ГОСТ Р 53019-2008 Нитки швейные для изделий технического и специального назначения. Технические условия.

5. ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, веще-

ства и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа.

6. Пономарев А.Н., Юдович М.Е., Груздев М.В., Юдович В.М. Неметаллическая наночастица во внешнем электромагнитном поле. топологические факторы взаимодействия мезоструктур // Вопросы материаловедения. 2009. № 4 (60). С. 59-64.

7. Уэндландт У. Термические методы анализа. – М.: Люкс, 1978. – 214 с.

8. Шаталова Т.Б., Шляхтин О.А., Веряева Е. Методы термического анализа. – М.: МГУ им. Ломоносова, 2011. – 271 с.

УДК 656.078.1

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В АВИАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМЕ

Зайцев Евгений Николаевич *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации и управления в транспортных системах*

Коникова Елена Викторовна *– кандидат технических наук, доцент кафедры аэропортов и авиаперевозок*

Шайдуров Иван Георгиевич *– старший преподаватель кафедры организации и управления в транспортных системах*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

Аннотация. Рассмотрен концептуальный подход к проблеме комплексной безопасности полетов при взаимодействии участников Авиационной транспортно-логистической системы и Авиационного транспортно-логистического узла. Даны предложения по интеллектуализации Авиационной транспортно-логистической системы и Авиационного транспортно-логистического узла. Разработаны предложения по формированию комплексной системы безопасности в Авиационной транспортно-логистической системе с использованием новейших информационно-управляющих технологий – интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: авиационная транспортно-логистическая система, комплексная безопасность, безопасность полётов, интеллектуальные транспортные системы.

INTEGRATED FLIGHT SAFETY SYSTEM IN THE AVIATION TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM

Zaitsev Evgeniy N. – Doctor of Sciences (Tech.), Professor, Professor of Department of Organization and management of transport systems

Konikova Elena V. – Ph.D.(Tech.), Associate Professor, Docent of the Department of Airports and air transport

Shaydurov Ivan G. – Senior Lecture, Department of Organization and management of transport systems

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation

Abstract. The conceptual approach to the problem of integrated flight safety in the interaction of the participants of the aviation transport-logistic system and the aviation transport-logistic junction is considered. The proposals on the intellectualization of aviation transport-logistic system and aviation transport-logistic junction are given. Developed proposals for the formation of an integrated security system in aviation transport-logistic system using the latest information management technologies - intelligent transport systems.

Keyword: aviation transport and logistics system, comprehensive security, flight safety, intelligent transportation systems.

Основные стратегические цели и задачи по развитию и совершенствованию транспортной системы управления перевозками сформулированы в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [1]:

– повышение уровня безопасности транспортной системы;

– развитие смешанных перевозок с участием воздушного транспорта;

– развитие крупных авиационных транспортных узлов, логистических распределительных центров, обеспечение их единой технологической совместимости;

– создание единой системы и информационной среды технологического взаимодействия различных видов транспорта, грузовладельцев;

– снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

– создание интеллектуальных транспортных систем с использованием глобальной навигационной системы ГЛОНАСС, ГЛОНАСС/GPS и современных инфотелекоммуникационных технологий, обеспечивающих реализацию транспортно-логистических технологий, для повышения качества и безопасности подготовки и выполнения полетов, технологий управления транспортными средствами и потоками, включая международные транспортные коридоры.

Практическая реализация поставленных целей и задач требует разработки и внедрения современных решений для автоматизации безопасного взаимодействия всех участников перевозочного процесса, применения систем навигации, систем электронного обмена, унифицированных перевозочных документов, технологий информационной интеграции со смежными информационными системами.

Эффективное управление логистическими процессами в авиационных транспортных системах в современных условиях основано на следующих основных принципах [2-12]:

1. Системности, что означает структурирование и решение проблемы по вертикали и определяется вертикальными связями, связями подчинения в иерархической структуре.

2. Комплексности, что определяется координационными связями по горизонтали, связями сотрудничества, партнерства.

3. Непрерывного взаимодействия внутреннего логистического процесса, обеспечивающего подготовку участников, выполняющих внешний логистический процесс по маршруту полета.

4. Мониторинга транспортной деятельности – состояния коммуникаций, безопасности движения и экологической обстановки, состояния транспортной деятельности за рубежом и прочее.

5. Непрерывной опережающей правовой, профессиональной, экономической, управленческой подготовки наземного и летного состава.

6. Цифровизации процессов взаимодействия участников подготовки и выполнения полетов.

В настоящее время для участников подготовки и выполнения полетов характерна организационная, управленческая, финансовая, информационная, технологическая и иная разобщенность. В большей степени участники полетов заботятся о своих локальных интересах, приобретении преимуществ в конкурентной борьбе и недостаточно обращают внимание на вопросы эффективности, результативности и безопасности подготовки и выполнения полетов во взаимодействии как единого процесса.

Следовательно, необходимо иметь комплексную систему управления участниками обеспечения и выполнения полетов, своевременно реагирующую на изменения как внутренней, так и внешней среды, изменение свойств средств производства при их функционировании и развитии при строгом выполнении требований по экологии и безопасности. Тем самым, можно обеспечить единство, как внутренней логистики каждого участника авиационной перевозки, обеспечивающей своевременную подготовку средств производства основного

технологического процесса, так и внешней логистики при их партнерском взаимодействии в составе авиационной транспортно-логистической системы (АТЛС) (рисунок).

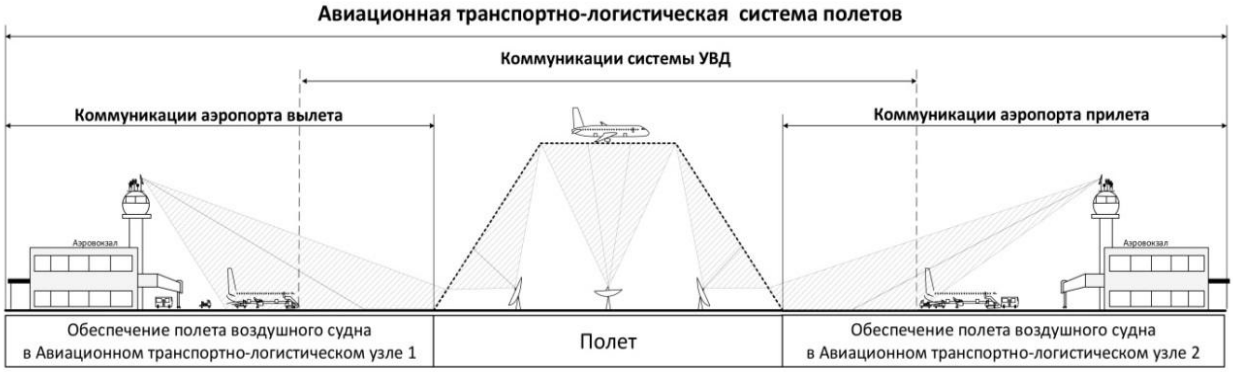


Рисунок – Авиационная транспортно-логистическая система полетов

Авиационная транспортно-логистическая система (АТЛС) (рисунок) обеспечивает свойства готовности выполнить грузопассажирскую перевозку по маршруту «Аэропорт-1 – Аэропорт-2» и обеспечить авиационную безопасность при подготовке пассажиров, груза, самолета и аэродрома к полету, а также безопасность полета по маршруту.

Авиационный транспортно-логистический узел 1 (АТЛУ-1). Комплексная безопасность обеспечивается при взаимодействии систем «Аэропорт-1 – УВД Аэропорта-1 – Авиакомпания (ВС и экипаж)», в процессе подготовки и выполнения рейса.

Система «Аэропорт-1» обеспечивает свойства готовности выполнить наземное обслуживание воздушного судна (ВС) в соответствии с технологическим графиком. техническая подготовка ВС, коммерческая загрузка, заправка ВС ГСМ и другие операции графика, а также подготовка аэродрома для выполнения рейса.

Система «Авиакомпания» (эксплуатант) обеспечивает свойства готовности ВС выполнить полет безопасно.

Система управления воздушным движением (УВД) Аэропорта-1 обеспечивает свойства готовности системы обеспечить безопасность и регулярность полётов в районе аэропорта (взлёт и выход из района аэродрома на маршрут).

Проблемы комплексной безопасности по всем уровням горизонтально-вертикальной декомпозиции АТЛС определяются опасными свойствами на каждом уроне взаимодействия участников обеспечения и выполнения полетов и свойствами среды, возникающими при подготовке средств производства и взаимодействии в едином транспортно-производственном процессе.

Характеристика свойств средств производства (элементов) участников обеспечения и выполнения перевозки:

1. Свойства опасности начального состояния средств производства (их не готовность).

2. Свойства опасности, возникающие при взаимодействии средств производства при выполнении своих функций на основе обмена данными, информацией и знаниями между техническими системами – M2M, между людьми – P2P, а также между людьми и техническими системами – P2M [3-5].

3. Свойства опасности при взаимодействии средств производства с внешней и внутренней средой при выполнении своих функций.

4. Свойства опасности при подготовке (ремонте) средств производства к основной и подготовительной работе.

Управление комплексной системой безопасности полетов включает управление следующими видами безопасности АТЛС:

– безопасность полетов;

– авиационная безопасность;
– производственная безопасность;
– экологическая безопасность;
– информационная безопасность.

Факторы, отрицательно влияющие на безопасность при обеспечении полетов ВС в АТЛУ: несоответствие фактического состояния аэродрома сертификационным требованиям; эксплуатация неисправного оборудования, машин и механизмов; несоблюдение правил подъезда/отъезда от ВС; несоблюдение схем расстановки и движения спецтранспорта; неправильная координация действий служб; сложные метеоусловия.

Высокая эффективность управления комплексной системой безопасности полетов может быть обеспечена путем создания единого цифрового пространства АТЛУ.

Создание цифровой модели аэродрома (на основе BIM-технологии) на стадии проектирования и эксплуатационной информационной модели (цифрового двойника) позволит перейти на качественно новый уровень управления его состоянием, увеличить производительность труда, повысить достоверность информации, повысить безопасность полетов, минимизировать потери при взаимодействии систем M2M, P2M.

Внедрение Аэропортовой системы совместного принятия решений A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) позволит обеспечить бесперебойную работу аэропорта при тесном взаимодействии всех партнеров по A-CDM: операторов аэропорта, авиакомпаний, системы управления воздушным движением (УВД). Это обеспечит лучшую организацию воздушного движения, позволит минимизировать задержки рейсов и увеличить пропускную способность аэропорта, обеспечить все виды безопасности за счет интегрированного подхода к организации.

Внедрение системы A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System – усовершенствованной системы управления наземным движением и контроля за ним) существенно повысит безопасность взаимодействия участников движения благодаря более рациональному распределению транспортной нагрузки на рулежных дорожках, а также благодаря своевременному предупреждению и оперативному разрешению конфликтных транспортных ситуаций. A-SMGCS облегчает работу диспетчера, требующую пристального внимания, большой концентрации. Пилот ВС имея на борту информацию от A-SMGCS, он может ориентироваться по монитору – отслеживать маршрут руления и перемещение других транспортных средств. При этом система сама контролирует маршрут и движение воздушного судна.

Положительным эффектом хорошей организации движения, исключающей вынужденные простои транспортных средств и обеспечивающей бесперебойную эксплуатацию рулежных дорожек, является сокращение расхода топлива, а значит, и сокращение соответствующих расходов на управление трафиком при уменьшении неблагоприятного воздействия на окружающую среду, связанного с выбросом в атмосферу выхлопных газов и шумом двигателей.

Использование в производственных процессах современных средств автоматизации, адаптивных систем, навигационных систем, детекторов, гироскопических систем, лазерных средств считывания информации, дает возможность контролировать изменения свойств средств производства и регулировать состояние потоков в АТЛУ и повышать уровень безопасности. Интеллектуализация транспортно-логистических систем определяет дальнейшее развитие концепции управления цепями поставок (Supply Chain Management) и формирование на рынке транспортных услуг – 5PL-провайдера.

Заключение

Таким образом, рассмотрен концептуальный подход к рассмотрению проблем комплексной безопасности при взаимодействии участников обеспечения и выполнения полетов ВС в АТЛУ. Рассмотрена АТЛС с учетом комплексной безопасности всех взаимосвязанных и взаимодействующих участников M2M, P2M. Рассмотрены основные направления интеллектуализации АТЛС и АТЛУ, с целью повышения комплексной безопасности и эффективности транспортных процессов, минимизации задержек и повышение условий труда.

Список литературы

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р).
2. Зайцев Е.Н., Коникова Е.В., Тецлав И.А., Шайдуров И.Г. Комплекс взаимодействия систем «Аэропорт – Авиакомпания – УВД» в системе смешанных перевозок // Вестник Санкт-Петербургского университета гражданской авиации. Под ред. М.Ю. Смурова. – СПб.: СПбГУ ГА, 2016. С. 101-117.
3. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю., Комиссаров С.А., Сорокин К.Н. Сети, информация и знания – основные драйверы четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информация и Космос. Радиотехника и связь. 2016. № 1. С. 14-25.
4. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информация и Космос. Радиотехника и связь. 2016. № 3. С. 8-17.
5. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Афонин П.Н. Системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4. С. 68-73.
6. Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли как основополагающей при решении проблем стратегического и экономического характера // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2017. Т. 1. С. 230-233.
7. Михов О.М., Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли. стратегический подход // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб: ИПТ РАН. 2018. С. 352-358.
8. The manual Airport CDM Implementation / Eurocontrol. 2017. – 363 p.
9. Airport CDM Functional Requirements Document / Eurocontrol. 2009. – 48 p.
10. Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management / ICAO, Doc9971. 2014. – 160 p.
11. Airport – Collaborative Decision Making: IATA Recomendarions / IATA 2018. – 20 p.
12. Мамошин А.В. Повышение пропускной способности воздушного транспорта с использованием передовых технических решений // Транспортная безопасность и технологии. 2017. № 1 (48). С. 100-103.

УДК 004.896

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ В СИСТЕМЕ СВЕТОВОГО И ЗВУКОВОГО ИНДИКАТОРА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАКРЫТИЯ ВАГОННЫХ ДВЕРЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

Рыбицкий Владимир Анатольевич *– кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)*

Завальнюк Сергей Иванович *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)*

ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. В статье отображены проблемные вопросы касающиеся безопасности на транспорте, а именно открытия и закрытия дверей в вагонах метрополитена и системы светового и звукового предупреждения.

Ключевые слова: метрополитен, система светового и звукового предупреждения, распашные двери, пассажиры.

PROBLEMATIC ISSUES IN THE SYSTEM AN AUDIBLE AND VISUAL WARNING INDICATOR CLOSING OF WAGON DOORS OF THE METRO

Rybitsky Vladimir An. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of The research Institute (military system research of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)

191123, St. Petersburg, Voskresenskaya nab., 10, lit. Ah, vladimir-rybicki@mail.ru

Zavalnyuk Sergey Iv. – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at The research Institute (military system studies of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)

Military Academy of logistics

Abstract. The article displays the problematic issues related to transport security, namely the opening and closing of doors in subway cars and the system of light and sound warning.

Keywords: metro, light and sound warning system, swing doors, passengers.

В соответствии с Поручением Президента РФ во всех регионах России начата деятельность по внедрению АПК «Безопасный город». Для губернаторов данное направление является одним из приоритетных в их деятельности. 03 декабря 2014 года Распоряжением Правительства РФ № 2446 [1] утверждена Концепция построения и развития АПК «Безопасный город», которая предполагает реализацию единого системного подхода к обеспечению комплексной безопасности и включает в себя: безопасность населения; безопасность на транспорте; координация работы экстренных служб и ведомств.

Современные средства передвижения (морские корабли, речные пароходы, самолеты, железнодорожные поезда, поезда метрополитенов, автобусы и др.) постоянно совершенствуются, их скорости увеличиваются. Такая тенденция представляет повышенную опасность для пассажиров и обслуживающего персонала [2,3]. Суждение о том, что проблемы кроются в деталях, особенно справедливо в отношении дверей пассажирских вагонов. Разного рода проблемы появляются практически на каждом этапе жизненного цикла вагона, начиная с конструирования, изготовления, эксплуатации, обеспечения безопасности и заканчивая вопросами обслуживания. Если, по некоторым оценкам, на двери приходится всего 2-3 % стоимости вагона, то доля влияния дверных систем на его эксплуатационную готовность может достигать 25 % [4].

Одним из важнейших вопросов применительно к вагонным дверям метрополитена является обеспечение высокого уровня безопасности. Современные дверные системы пассажирских вагонов безопаснее, чем когдалибо. Однако при эксплуатации открываемых и закрываемых вручную распашных дверей в их первоначальном виде проблема состояла в том, что пассажиры не сомневались в своем умении безопасно пользоваться такими дверями. До того как появились системы центральной блокировки замков, некоторые пассажиры открывали двери до полной остановки поезда, подвергаясь всем связанным с этим действием рискам, и выпрыгивали из вагонов на посадочную платформу, если находили скорость движения достаточно низкой. Известны случаи, когда двери открывали лица со злым умыслом или пассажиры, опаздывающие на уже отправившийся пригородный поезд. Немало было инцидентов с самопроизвольным открытием дверей по причине неисправности защелок или замков. Так, в 1993г. отмечалось, что ежегодно по причине выпадения из поезда погибало до 20 чел. В конце концов пришли к выводу о необходимости центральной блокировки всех дверей, и она стала обязательной с 1 января 2006г [5]. В результате поезда, сформированные из вагонов типа *Е* и вагонов большинства других типов, не могут тронуться с места до тех пор, пока двери вагонов открыты и не заперты, т. е. пассажиры уже не могут их открыть во время движения. Центральная блокировка распространяется и на служебные двери. Как известно, более высокий уровень безопасности требует больших затрат. В настоящее время на процесс

подготовки поезда к отправлению в некоторых случаях уходит времени больше, чем на посадку и высадку пассажиров. Исследования одной железнодорожной компании показали, что время от получения сигнала «Отправление разрешено» и до начала движения поезда составляет ни много ни мало 23 с. Такой интервал представляет достаточно сильное разочарование для опоздавших пассажиров, которые в течение 20 с стоят на платформе и не имеют возможности войти в вагон поезда, который еще не сдвинулся с места [6]. Оживленные дискуссии вызывает такой элемент процесса открытия и закрытия дверей, как система светового и звукового предупреждения. В новом проекте Технических требований, Вагоны метрополитена в п. 2.9.5 сказано: «Каждый дверной проем двустворчатых дверей должен быть оборудован снаружи вагона световым и звуковым индикатором предупреждения закрытия дверей». Рассматривая вагоны метро Санкт-Петербурга не совсем старой модификации 81-717/714 [7], выпуск которых продолжается по настоящее время, убеждаемся что ни о каком световом предупреждении закрытии дверей и речи быть не может (рисунок 1).

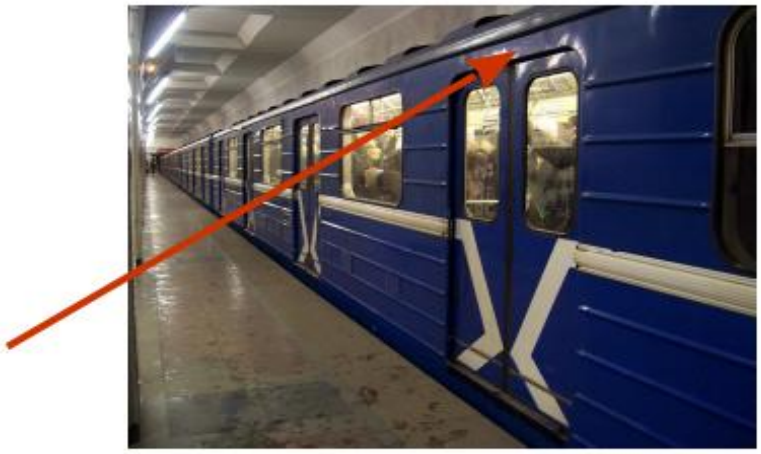


Рисунок 1 – Вагоны метро Санкт-Петербурга модификации 81-717/714

И хотя новые составы новой серии 81-722.1 [8] появившиеся на первой линии Петербургского метрополитена имеют сквозной проход и более широкие дверные проемы, а также новую систему звукового и светового оповещения открытия и закрытия дверей (рисунок 2). По прежнему звуковой сигнал о закрытии дверей пассажирами, находящимися на платформе, часто воспринимается как приглашение на посадку, а не требование остаться на месте. Предупредительный сигнал звучит за 3 секунды до момента начала закрытия и открытия дверей, но эта величина во многих случаях разнится из-за общих задержек поездов, следующих с частыми остановками.

Рисунок 2 – Вагоны метро Санкт-Петербурга модификации 81-722.1

Что касается светового сигнала находящегося над дверью, то он обозначенный небольшой лампочкой, и его можно разглядеть только когда пассажир упирается в вагон, кроме всего прочего эта лампочка зажигается после закрытия дверей. Примеров тому можно увидеть в Час-пик. Когда раздается звуковой сигнал «Осторожно! двери закрываются». В этот миг любители острых впечатлений пулей устремляются в вагон, не желая ждать 2-3 минуты до прибытия следующего поезда. Особые «мастера», успевают пропихнуть в вагон впереди себя маленького ребенка или парочку огромных сумок-баулов. Видя подобный марш-бросок некоторые пассажиры, готовы придержать двери, чтобы «экстремала» не зажало ими. Но этот трюк срабатывает не всегда. Иногда с двух сторон прихлопывает дверьми самого шустряка или его сумку (рюкзак, пакет). Кто виноват в подобных ситуациях: пассажир, чье имущество или здоровье может быть попорчено, или машинист метро, который не досмотрел и зажал дверью пассажира? Чаще всего травмирование происходит по вине пассажиров, которые не соблюдают правила пользования метрополитена. В правилах, к примеру, говорится, что людям, находящимся на территории метрополитена, запрещается входить в салон вагона после объявления «Осторожно! Двери закрываются», а также входить и выходить до полного открытия дверей вагонов. Этим пунктом часто пренебрегают.

Практический каждый день в петербургском метрополитене происходят происшествия, результатами которых являются травмы пассажиров или порча имущества. Чаще всего пассажиры получают травмы на платформах при входе в вагон. Люди бегут, толкаются. Это влечет за собой неприятные последствия такие как оказание первой медицинской помощи с дальнейшим вызовом вызов скорой помощи, разбирательства с возмещением материального ущерба и т.д.

К сожалению ни правила поведения в метрополитене, ни наклейки как в московском метро, где в вагонах нового образца «Русич», привлекло внимание наклейка: «Внимание! При прерывистой индикации сигнала красного цвета над дверным проемом посадка в вагон закончена» в современных условиях жизни не помогают, а это значит, что необходимо придумывать новые технические решения на этапе проектирования вагонов.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 03.12.2014 N 2446-р «Об утверждении Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город». URL: http://rulaws.ru/goverment/Rasporyazhenie-Pravitelstva-RF-ot-03.12.2014-N-2446-r (дата обращения 12.10.2018).

2. «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р.

3. Завальнюк С.И. Рыбицкий В.А., Алтынов Д.С. Интенсификация строительства нового двухпутного электрифицированного железнодорожного участка Журавка – Миллерово: монография / Электрон. текст. дан. (62,7 Мб). – Киров: Изд-во МЦИТО, 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

4. Железные дороги мира / Инновации на железнодорожном и городском транспорте. URL: http://www.zdmira.com/arhiv/2011/zdm-2011-no-10 (дата обращения 18.09.2018).

5. CarManz / Двери, центральная блокировка замков. URL: https://carmanz.com/volkswagen (дата обращения 15.10.2018).

6. Подготовка сформированных составов к отправлению. URL: https://studwood.ru (дата обращения 09.10.2018).

7. Осторожно, двери открываются. URL: http://sights.metro.ru/moving/ opening.html (дата обращения 20.10.2018).

8. Новый поезд 81-722.1 первой линии Петербургского метрополитена. URL: http://lenbadlon.ru/metro/spb-81-722-1/ (дата обращения 11.10.2018).

УДК 656.025.4

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДАВЛЕНИЯ НА ДНО И СТЕНКИ КОНТЕЙНЕРА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ

Илесалиев Дауренбек Ихтиярович *– кандидат технических наук, доцент кафедры транспортной логистики и сервиса*

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Аннотация. На сегодняшний день перевозка насыпных грузов на железнодорожном транспорте осуществляется в специализированных вагонах. Содержание таких вагонов вливаются в дополнительные расходы, кроме того, имеет место дефицита, а местами происходит и технологический дефицит. В связи с этим возникает необходимость внедрения альтернативных технологий перевозки обусловленных уменьшением расходов логистических издержек на доставку насыпных грузов. Для решения данной задачи необходимо для начала определить давления на дно и стенки универсального контейнера загруженного насыпными грузами. В настоящем исследовании показывается, что задачи насыпного груза могут быть решены, если известен процесс формирования.

Ключевые слова: насыпной груз, универсальный контейнер, перевозка в контейнерах, давление на дно, давление на стенки, погрузка, разгрузка, перевозка.

TO DETERMINING THE PRESSURE ON THE BOTTOM AND THE WALLS OF THE CONTAINER WHEN TRANSPORTING BULK CARGOES

Ilesaliev Daurenbek I. – Ph.D. in Engineering, Associate Professor of the Department Transport logistics and service

Tashkent institute of railway engineering

Abstract. Today, bulk cargo transportation by rail is carried out in specialized wagons. The maintenance of such cars is poured into additional costs, in addition, there is a deficit, and in some places there is a technological deficit. In this regard, there is a need to introduce alternative transportation technologies due to reduced costs of logistics costs for the delivery of bulk cargo. To solve this problem, it is first necessary to determine the pressure on the bottom and walls of the universal container loaded with bulk cargo. This study shows that the problems of bulk cargo can be solved if the formation process is known.

Keywords: bulk cargo, universal container, transportation in containers, bottom pressure, wall pressure, погрузка, разгрузка, перевозка.

На сегодняшний день перевозка насыпных грузов на железнодорожном транспорте осуществляется в основном специализированных вагонах. Содержание таких вагонов вливаются в дополнительные расходы, кроме того, имеет место дефицита [1-8]. В связи с этим возникает необходимость внедрения альтернативных технологий обусловленных уменьшением расходов логистических издержек на доставку насыпных грузов (здесь под насыпным грузом понимается любой груз, хранящийся или перевозимый насыпью).

Альтернативную систему перевозок осуществлять в универсальных контейнерах с использованием полипропиленового вкладыша. Данный способ используется в мире с начала семидесятых годов прошлого века, так что инновационной в широком смысле этого слова ее не назовешь. Но для Узбекистана это новое направление в осуществлении перевозок.

Количество контейнеров нельзя сопоставить с количеством железнодорожных вагонов, не говоря уже о зерновозах или минераловозах, а также необходимо отметить, что тариф на перевозку контейнеров меньше в среднем на 10-12%. Поэтому, необходимо искать альтернативные способы перевозки насыпных грузов, и таковым может стать использование контейнеров общего назначения.

Методология. Насыпной груз представляет собой в общем случае механическую смесь твёрдых тел различной формы и крупности. Промежутки между этими телами в сухих грузах заполнены воздухом, во влажных грузах воздух из этих промежутков частично вытесняется водой [3, стр. 17].

Давление насыпного груза на дно (пол) и стенки контейнера зависит от типа контейнера (высоты и длины) и от процесса формирования насыпного груза.

Рассмотрим для начала давление на дно и стенки универсального контейнера (закрома) со стенками, перпендикулярными к его дну (рисунок 1), приняв, что насыпное тело к закроме сформировано послойным насыпанием. По стенкам универсального контейнера должна действовать касательное напряжение τ, направленные вверх и возникающее вследствие того, что нижние слои насыпного груза оседлая под действием веса вышеизложенных слоев, перемещаются книзу относительно неподвижных стенок. Таким образом, траектория главных напряжений будут пересекаться со стенками под некоторым углом ψ. На рисунке 1 показан идеально насыпной груз *1*, который перемещается скребком *2* вдоль дна *3*. Величина его, как это следует из сопоставления рисунка 1 и 2, определится по формуле 1. Коэффициент бокового давления *n* может быть определен по формуле 2 или 3 [3, стр. 75].

$$\psi = \frac{1}{2}\left(arc\sin\frac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi}\right) - \varphi_1, \tag{1}$$

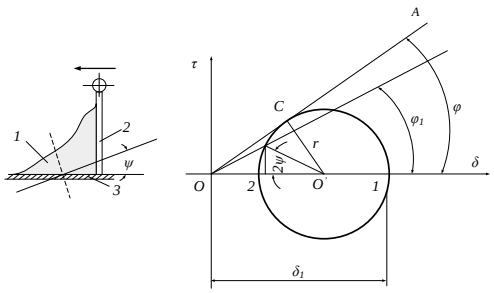


Рисунок 1 – Схема для определения угла наклона ψ траектории главного напряжения ко дну контейнера

$$n = \frac{1}{1 + 2f^2 + 2\sqrt{\left(1 + f^2\right)\left(f^2 - f_1^2\right)}}, \tag{2}$$

$$n = \frac{1}{1 + 2f\left(f + \frac{\tau_0}{\delta_б}\right) + 2\sqrt{\left(f^2 + 1\right)\left[f\left(f + \frac{\tau_0}{\delta_б}\right) - f_1^2\right]}}, \tag{3}$$

где f – коэффициент внутреннего трения; f_1 – коэффициент трения; $\delta_б$ – боковое давление вблизи от дна контейнера, т/м^2; δ_0 –вертикальное давление, т/м^2.

В средней части же универсального контейнера овал нормальных напряжений имеет вертикальное положение, а коэффициент бакового давления равен коэффициенту подвижности материала. Общий характер траекторий главных напряжений показан на рисунке 2 [3, стр. 102].

Поскольку касательное напряжение по стенкам универсального контейнера воспринимают часть веса насыпного груза, площадь эпюры вертикального давления будет несколько меньше, чем *hγb,* изображаясь кривой *1-10-12*. Эпюра бокового давления будет иметь вид треугольника *4-5-6*. Вершина *5* этого треугольника будет несколько скруглена, поскольку ка-

сательные напряжения в плоскости дна универсального контейнера воспринимают часть бокового давления, действующего у дна в центре универсального контейнера [3, стр. 103].

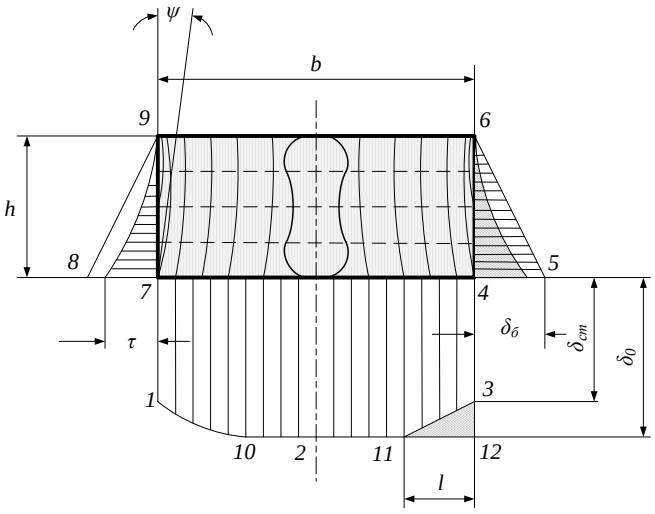


Рисунок 2 – Эпюра давлений на дно и стенки универсального контейнера, наполненным насыпным грузом

Эпюра касательных напряжений в плоскости стенок универсального контейнера представлена кривой *7-8-9*. Максимального значения τ касательные напряжения достигают на небольшом расстоянии от дна. Это объясняется тем, что вблизи дна частицы насыпного груза не могут перемещаться вниз, поэтому здесь силы трения отсутствует и τ=0. Расстояние от точки *8* наибольшего касательного напряжения до дна универсального контейнера зависит от упругих свойств частиц, составляющих это тело, а также от высоты слоя его в контейнере, задача по расчёту этого расстояния является статически неопределимой.

Выше точки *8* касательные напряжения падают вследствие уменьшения бокового давления и уменьшения тенденции частиц насыпного груза к смещению вниз по стенкам.

Так как задача по расчёту насыпного груза в универсальном контейнере является статически неопределимой, в связи, с чем будем считать, что кривая касательных напряжений *8-9* близка к параболе и что площадь эпюры этих напряжений равна $\frac{1}{3}h\tau$. Примем также, что эпюра давления в центре $h\tau$.

Вертикальное давление вблизи стенок универсального контейнера может определено по рисунку 3, где δ_0 – обозначает вертикальное давление, а $\delta_б$ – боковое давление в центре универсального контейнера. Так как касательное напряжения по дну контейнера очень малы (вследствие отсутствие возможности больших смещений частиц насыпного груза вдоль дна), то давление на стенки можно считать приближенно равным боковому давлению $\delta_б=m\delta_0$ в центре контейнера. Тогда точка *c* с ординатой $m\delta_0 f_1$ изобразит напряжение, действующее на стенку контейнера. Проведя через эту точку предельный круг напряжений с радиусом *r*, можно найти величину вертикального давления вблизи стенок $\delta_{ст}$. Формула для его определения получится постановкой в формулу

$$r = f\left(\delta\sqrt{1+f^2} \pm \sqrt{\delta^2 f^2 - \tau^2}\right)$$

значений $\delta=m\delta_0$ и $\tau= f_1 m\delta_0$:

$$r = fm\delta_0\left(\sqrt{1+f^2} + \sqrt{f^2 - \tau^2}\right), \qquad (4)$$

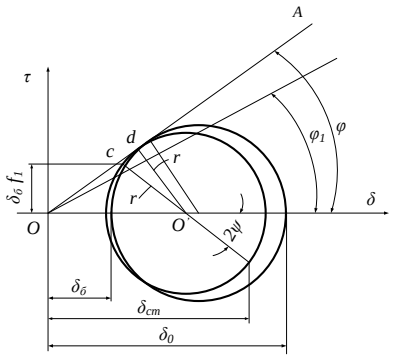


Рисунок 3 – Схема давлений на дно и стенки универсального контейнера, наполненным насыпным грузом

Из треугольника *OdO'* имеем:

$$\frac{\delta_{cm} + m\delta_0}{2} = \frac{r}{\sin\varphi} = \frac{r\sqrt{1+f^2}}{f}, \text{ где } f = \text{tg}\varphi. \tag{5}$$

Подставляя в эту формулу величину *r* по формуле 4 и произведя ряд преобразований, получим:

$$\delta_{cm} = m\delta_0 n', \tag{6}$$

где

$$n' = 1 + 2f^2 + 2\sqrt{\left(1+f^2\right)\left(f^2 - f_1^2\right)}. \tag{7}$$

Площадь заштрихованного треугольника *11-3-12* у эпюры давлений на дно контейнера (рисунок 2) должна быть равной силе трения насыпного груза о стенку, выражаясь уравнением:

$$\frac{(\delta_0 - \delta_{cm})l}{2} = \frac{m\delta_0 f_1 h}{3},$$

где *h* – высота контейнера, м ; *l* – длина участка *11-12*.

Подставляя в это уравнение значение δ_{cm} по формуле 6 и решая уравнение относительно *l*, получим:

$$l = \frac{0{,}67 \cdot m \cdot f_1 \cdot h}{1 - m \cdot n'}, \tag{8}$$

$$\delta_б = \delta_0 m = 1{,}79 \cdot 0{,}3368 = 0{,}60 \ т/м^2$$

Заключение

Давление насыпного груза на дно и стенки универсального контейнера зависит от типа самого контейнера (типы контейнеров различаются параметрами длины, ширины и высоты) и процесса формирования груза. В данном исследовании построена эпюра давлений на дно и стенки универсального контейнера, наполненным насыпным грузом. Также в исследовании определены для пшеницы следующие результаты: давление на дно в центре контейнера; давление на дно контейнера вблизи от стенок; касательное напряжение по стенкам контейнера вблизи от его дна, а также боковое давление вблизи от дна контейнера.

Список литературы

1. Буриев Э.Н., Илесалиев Д.И. Перспективы применения вагонных вкладышей при перевозках сыпучих грузов // Логистика – евразийский мост: материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. Ч. 2. 2018. С. 37-40

2. Буриев Э.Н., Илесалиев Д.И. Перевозка сыпучих грузов. Способы снижения затрат // Логистика – евразийский мост: материалы XII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. Ч. 2. 2017. С. 298-301.

3. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов: Основания расчета погрузочно-разгрузочных и транспортирующих устройств. – М.: Машгиз, 1952. – 216 с.

4. Илесалиев Д.И., Курилов Е.Г., Исина Б.М. Анализ и совершенствование системы доставки насыпных грузов в универсальных контейнерах // Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации: материалы Международной научно-практической конференции. Сагиновские чтения № 10. Караганда: Карагандинский государственный технический университет. 2018. Ч 6. С. 165-168.

5. Илесалиев Д.И. Анализ существующих способов доставки насыпных грузов в универсальных контейнерах // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2018. Вып. 3. С. 304-311.

6. Маликов О.Б., Курилов Е.Г., Илесалиев Д.И. Некоторые вопросы экономической эффективности перевозки сыпучих грузов в контейнерах // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2016. Т. 13, № 4 (49). С. 493-501.

7. Эльбеков Ж.У., Илесалиев Д.И. Анализ способов доставки наливных грузов в универсальных контейнерах // Логистика – евразийский мост: материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. Ч. 2. 2018. С. 360-364

8. Эльбеков Ж.У., Илесалиев Д.И. Пути снижения расходов на перевозку наливных грузов в контейнерах // Логистика – евразийский мост: материалы XII Международной научно-практической конференции. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. Ч. 2. 2017. С 281-285.

УДК 621

К УВЕЛИЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПРИВОДА ГРЕБНОГО ВИНТА НА СУДАХ

Сизов Александр Павлович *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»)*

Комельков Вячеслав Алексеевич *– кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»)*

Колбашов Михаил Александрович *– кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»)*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. В работе представлены предложения по совершенствованию сальникого уплотнения гребного винта на судах с целью повышения их герметичности, и установках для определения потерь на трение в сальниковой набивках.

Ключевые слова: сальник, потери, трение, герметичность, надёжность, гребной вал, уплотнение, коррозия.

TO INCREASE THE RELIABILITY OF THE MUSHROOM SCREW DRIVE ON SHIPS

Sizov Alexander P. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of fire safety of objects of protection (as part of UNK «State supervision»)

Komelkov Vyacheslav A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of fire safety of objects of protection (as part of UNK «State supervision»)

Kolbashov Mikhail A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of fire safety of objects of protection (as part of UNK «State supervision»),

Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia

Abstract. the paper presents a proposal to improve the sealing of the propeller on ships in order to improve their tightness and installations for the determination of friction losses in the packing.

Keywords: oil seal, losses, friction, tightness, reliability, propeller shaft, seal, corrosion.

На морских и речных судах привод гребного винта осуществляется от основного двигателя через вал, который контактирует с морской или речной водяной смесью, включающей различные механические примеси в виде песка, водорослей и других. Это вызывает коррозию вала, дополнительный механических износ, приводит к изменению гидродинамических свойств гребного винта.

Указанные причины приводят к дополнительному износу деталей, контактирующих с водяной средой. Поэтому необходим поиск новых материалов, например, таких, как магнитные жидкости [1], и новых конструкционных решений для герметизации привода [2]. Следовательно, возникают проблемы герметизации вала винта от проникновения забортной воды в помещение, где установлен основной двигатель судна. Попытки использовать для герметизации вала манжеты не дали желаемых результатов из-за сложности замены отработавшей манжеты [3] при ремонте судна и при его эксплуатации.

Эти недостатки определили основной способ герметизации вала судна – применение сальника. Однако сальниковая набивка не обладает высокой герметичностью. Поэтому забортная вода проникает внутрь судна, смешивается с маслами и образует так называемую леальную воду, которая практически постоянно откачивается в окружающую водную среду или специальную емкость. В порту вода из емкости удаляется, что приводит к дополнительным материальным затратам. Следовательно, для морского или речного транспорта актуальной задачей является совершенствование сальникового уплотнения с целью повышения его герметичности и долговечности работы конструкционных деталей, находящихся в контакте с забортной водой, если вода отличается присутствием в ней водорослей, частиц песка, ила. В случае, если это вода морская, в ней присутствует морская соль, повышающая, коррозию конструкционных деталей и увеличивающая гидродинамические потери на движение судна. Поэтому суда проходят дополнительную обработку антикоррозионными покрытиями для уменьшения их гидродинамического сопротивления, например эпиламирующими составами. Надёжность работы сальниковых уплотнений, широко распространенных на водном транспорте, оказывает значительное влияние на надёжность судна.

Поэтому показатель герметичности сальниковой набивки обычно является главным показателем надёжности работы привода судна и экологической обстановки на судне.

Герметичность сальниковой набивки возможно увеличить, если она контактирует с поверхностью, имеющей малый коэффициент трения (рисунок 1) и способной выделять смазочный материал.

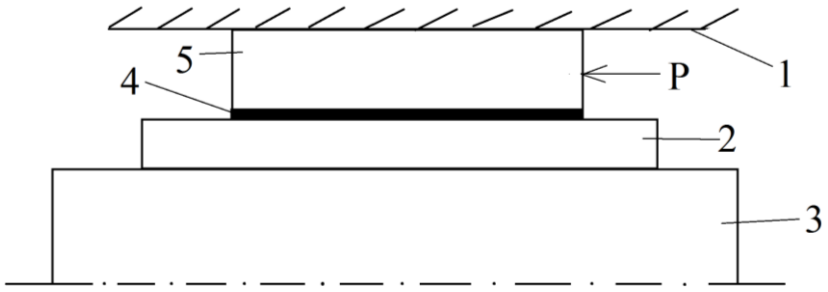


Рисунок 1 – Схема трения сальникового уплотнения
1- корпус, 2- втулка 3- вал, 4 смазочный материал, 5- сальниковая набивка

Деформация сальниковой набивки происходит под действием силы Р, создаваемой за счёт воздействия силового элемента или под действием передвижения полюса, как в конструкции уплотнения [4]. В этом случае, за счёт сжатия волокон материала набивки, происходит увеличение её герметичности с одновременным возрастанием усилия прижатия набивки к поверхности втулки, которая на поверхности, соприкасающейся с набивкой, выделяет смазочный материал, в результате чего возрастает герметичность. Для стабильности герметизации необходимо постоянное воздействие на сальниковый уплотнитель по мере его выработки, что осуществляется в конструкции уплотнения [3]. В случае использования для деформации набивки силовых элементов, потери на трение в основном состоят из потерь на трение сальниковой набивки P_c.

Из литературных источников известно [5], что потери в сальнике определяют как:

$$P_c = \pi * \omega * r^2 * \vartheta * P_0\left(e^{2afi} - 1\right),$$

где$i = {}^{l}/_{\vartheta}$ – число колец набивки; ϑ – длина кольца; f – коэффициент трения; a – принимают значение 0,5; ω – угловая скорость; r – радиус.

Утечку для вращательного движения вала по формуле

$$G = \frac{9*10^{-3}*d*P_0}{\mu*l},$$

здесь μ – динамическая вязкость среды; P_0 – перепад давления; l – дина набивки; d – диаметр вала в месте контакта с набивкой.

В случае контакта сальниковой набивки с магнитной жидкостью необходимо уточнять величины μ и f на основе эксперимента.

Для экспериментального определения коэффициента трения в сальниковых набивках, предназначенных для герметизации вращающихся валов при различных условиях работы уплотнения: частота вращения уплотняемого вала, уплотнительная среда, температура уплотняемой среды, вид набивки, разработана и изготовлена экспериментальная установка. Необходимость экспериментального определения коэффициента трения вызвана тем, что его величина зависит от материала набивки, условий её изготовления, наличия пропитки колец в сальниковой набивке, уплотняемой среды.

Экспериментальная установка (рисунок 2) включает в себя следующие элементы: плита 1, которая устанавливается на лабораторном столе. В плите 1 устанавливаются подшипниковый узел, состоящий из подшипникового стакана с установленными в нем подшипниками качения для вала 3. На валу 3 устанавливается приводной двигатель 4, который соединяется с валом с помощью соединительной муфты 5. Частота вращения вала измеряется с помощью тахометра, для выполнения этой цели на валу установлен диск 6.

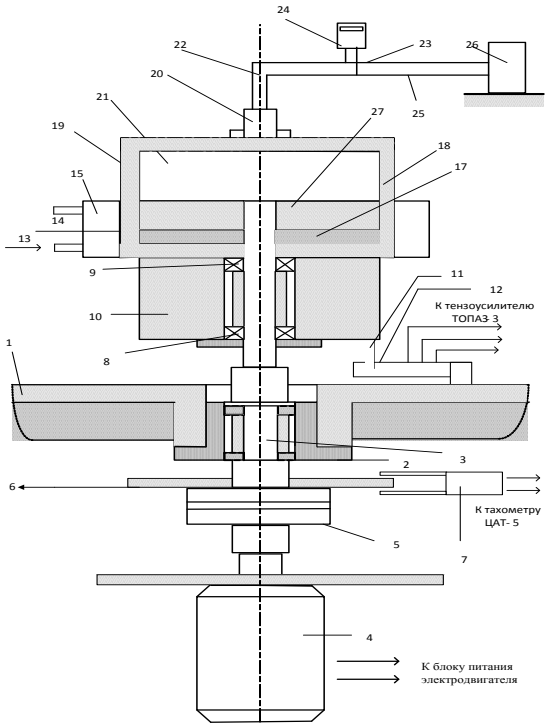


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Частоту световых импульсов при перемещении диска измеряет датчик 7. Для измерения момента трения в паре вращающийся вал – сальниковое уплотнение имеется корпус, состоящий из подшипников качения 8, 9, установленных на вращающемся валу. За счет этого на корпус 10 передается с помощью тензобалки 11, 12 момент трения, развиваемый в паре вращающийся вал – сальник. Для создания различных температур в сальнике используется термостат, состоящий из корпуса подводящих жидкость штуцеров 13, 14, 15, внутри которых протекает жидкость 16 от внешнего термостата. Испытуемый сальник 17 помещается в корпус 18, состоящий из крышки 19, на которой помещен штуцер 20, для воздействия на уплотняемую среду 21 давлением воздуха, поступающим по трубопроводу 22. Давление фиксируется через соединение 23 манометром 24. Давление воздуха подается через кран 25 от насоса 26. При этом испытуемый сальник фиксируется в корпусе кольцом 27.

Проведенный анализ работы сальникового уплотнителя винта показал, что для увеличения его герметичности, а, следовательно, надежности привода винта необходимо совершенствовать сальниковое уплотнение, например, за счет использования комбинации сальника с магнитожидкостным уплотнением [8].

Список литературы

1. Емельянов С.Г. Об оценке физических параметров магнитных наночастиц // Акустический журнал. 2010. С. 316-322.

2. Peng Zhang, Kwang-Hee Lee and Chul-Hee Lee Wear Behavior of Rotary Li Seal Operating in a Magnetorheological Fluid Under Magnetic Field Conditions Journal of Tribology 140(2), 022201 (Sep 29, 2017) (8 pages).

3. Ситченко Н.К., Ситченко Л.С. Общее устройство судов. – Ленинград: Судостроение, 1987. – 160 с.

4. Сизов А.П., Еловский В.С., Колбашов М.А., Зарубина Е.В., Комельков В.А., Топоров А.В. Комбинированное магнитожидкостное уплотнение. Патент на изобретение RU2663438C1 2018-08-06.

5. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / Под общ.ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. – М.: Машиностроение, 1986. – 464 с.

6. Магнитные жидкости в машиностроении / Под общ. ред. Д.В. Орлова, В.В. Подгоркова. – М.: Машиностроение, 1993. – 272 с.
7. Polunin V.M. On the estimation of physical parameters of magnetic nanopart iclcs inmagnetic fluid // Magnetohydro-dynamics. 2010. Vol. 46. № 1. P. 31-40.
8. Контарев А.В., Стадник С.В. и др. Применение магнитных жидкостей // Успехи современного естествознания. 2006. № 10. С. 67-67.

УДК 629.5.062.13

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ЗАКРЫЛКОВ СУДНА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Скороходов Дмитрий Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник*
Каминский Валерий Юрьевич *– кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией*
Маринов Марин Любенов *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В статье определены аналитические зависимости для оценки спектральной плотности волнения моря, воздействующего на судно на подводных крыльях, при его стабилизации по курсовому углу. Сформированы передаточные функции линеаризованных уравнений бокового движения судна, спектральные плотности параметров движения и отклонения носовых крыльев, кормовых закрылков и руля направления, позволившие оценить дисперсии углов отклонения и их производные, для расчёта момента нагрузки на гидравлический исполнительный привод в режиме стабилизации и при маневрировании судна.
Ключевые слова: волнение моря, дисперсия, исполнительный привод, курс, носовое крыло, кормовой закрылок, руль направления, спектральная плотность.

CALCULATION OF PARAMETERS OF MOVEMENT OF FLAPS OF THE VESSEL ON HYDROFOILS

Skorokhodov Dmitry A. – Dr.Sci.Tech, Professor
Kaminsky Valery Y. – PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Laboratory
Marinov Marin L. – PhD in Engineering Science, leading researcher
Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The article defines analytical dependences for estimating the spectral density of sea waves affecting a hydrofoil vessel at its stabilization along the course angle. The transfer functions of the linearized equations of lateral motion of the vessel, spectral densities of the parameters of motion and deflection of the bow wings, stern flaps and rudder were formed, which allowed to estimate the variance of the deflection angles and their derivatives, to calculate the load moment on the hydraulic actuator in the stabilization mode and when maneuvering the vessel.
Keywords: sea wave, dispersion, Executive drive, course, bow wing, stern flap, rudder, spectral density.

В литературе [1-4] сформулирована и решена в общем виде задача статистической оптимизации энергетических характеристик систем автоматического управления движением. Расчёт энергетических характеристик гидравлических приводов судна на подводных крыльях (СПК) в соответствии с предложенной в [2] методикой оптимизации, требует оценки ста-

тистических характеристик параметров движения носовых крыльев, кормовых закрылков и руля направления. Воспользуемся характеристиками ветро-волновых возмущений, приведёнными в [3], и рассчитаем статистические характеристики движения исполнительных органов управления судна на подводных крыльях (СПК), для последующего определения энергетических характеристик гидравлических исполнительных приводов СПК [2-5]. Будем рассматривать характеристики движения вертикального руля направления, носовых поворотных крыльев и кормовых закрылков.

1. Уравнения пространственного движения СПК

Линеаризованные дифференциальные уравнения пространственного движения СПК имеют следующий вид [6]:

$$\begin{aligned}
&A_1(p)H+A_2(p)V=A_3(p)\delta_{нк}+A_4(p)\delta_{кз}+F(t)\\
&B_1(p)H+B_2(p)V=B_3(p)\delta_{нк}+B_4(p)\delta_{кз}+M(t)\\
&C_1(p)\beta+C_2(p)\gamma+C_3(p)\varphi=C_4(p)\delta_{рн}+C_5(p)\delta_{нк}+F_z(t)\\
&D_1(p)\beta+D_2(p)\gamma+D_3(p)\varphi=D_4(p)\delta_{рн}+D_5(p)\delta_{нк}+M_x(t)\\
&E_1(p)\beta+E_2(p)\gamma+E_3(p)\varphi=E_4(p)\delta_{рн}+E_5(p)\delta_{нк}+M_y(t)
\end{aligned} \qquad (1)$$

В приведенной системе уравнений используются следующие обозначения:

$A_i(p)$; $B_i(p)$; $C_i(p)$; $D_i(p)$; $E_i(p)$ – коэффициенты уравнений, которые при скорости хода судна V=20 м/сек имеют следующие значения:

$A_1(p)=0.421p^2+2.61p-1.3$; $A_2(p)= -0.026p+2.214$; $A_3(p)= -1.36$; $A_4(p)= 0.355$;
$B_1(p)= -0.109p+0.55$; $B_2(p)= 0.62p^2+0.62p+0.079$; $B_3(p)= -0.544$; $B_4(p)= 0.21$;
$C_1(p)= p+1.512$; $C_2(p)= -0.288p-0.282$; $C_3(p)= 0.456$; $C_4(p)= -0.386$; $C_5(p)= 0$;
$D_1(p)= -13.8$; $D_2(p)= p^2+9.88p+1.8$; $D_3(p)= 0$; $D_4(p)= 0$; $D_5(p)= -22.21$; $E_1(p)= 3.04$;
$E_2(p)= 0$; $E_3(p)= p+3.04$; $E_4(p)= -17.6$.

Здесь p – символ дифференцирования; H – высота центра тяжести судна над невозмущенной поверхностью воды; ψ – угол дифферента; β – угол дрейфа; γ – угол крена; φ – угол рыскания; $\delta_{нк}$ – угол отклонения носового крыла; $\delta_{кз}$ – угол отклонения кормового закрылка; $\delta_{рн}$ – угол отклонения руля направления; F(t); M(t); $F_z(t)$; $M_x(t)$; $M_y(t)$ – внешние возмущающие силы и моменты , которые являются функциями ординат морского волнения: $F(t)= F_0\eta(t)$; $M(t)= M_0\eta(t)$; $F_z(t)= F_{z0}\eta(t)$; $M_x(t)= M_{x0}\eta(t)$; $M_y(t)= M_{y0}\eta(t)$; F_0; M_0; F_{z0}; M_{x0}; M_{y0} – коэффициенты сил и моментов, которые определяются по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
F_0 &= 0.0825\sin\omega_k 90^0 + 0.049\sin\left(\omega_k 90^0 + 144^0\cos\varphi\right) + 2.76;\\
M_0 &= 0.033\sin\omega_k 90^0 + 0.029\sin\left(\omega_k 90^0 + 144^0\cos\varphi\right) + 1.1;\\
F_{z0} &= 0.151\omega\sin\chi\left[\sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 - 12.2^0\sin\chi\right) + \sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 + 12.2^0\sin\varphi\right)\right] +\\
&+ 0.151\omega\sin\chi\left[\sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 - 21.4\sin\chi\right) + \sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 + 21.4^0\sin\chi\right)\right] +\\
&+ 0.00408\omega\sin\chi\sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0\right);\\
M_{y0} &= \omega\sin\chi\begin{Bmatrix} 0.592\left[\sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 - 21.4^0\sin\chi\right) + \sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 + 21.4^0\sin\chi\right)\right] +\\ +0.395\left[\sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 - 12.2^0\sin\chi\right) + \sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 + 12.2^0\sin\chi\right)\right] +\\ +0.104\left(\omega_k 90^0 + 90^0\right)\end{Bmatrix}\\
M_{x0} &= \omega\sin\chi\begin{Bmatrix} 1.5\left[\sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 - 12.2^0\sin\varphi\right) + \sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 + 12.2^0\sin\chi\right)\right] +\\ +1.16\left[\sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 - 21.4^0\sin\chi\right) + \sin\left(\omega_k 90^0 + 90^0 + 21.4^0\sin\chi\right)\right] +\\ +1.33\cos\left(\omega_k 90^0\right) + 1.01\cos\omega_k 90^0 + 0.9\cos\left(\omega_k 90^0 + 144^0\cos\chi\right)\end{Bmatrix}
\end{aligned} \qquad (2)$$

Спектральные плотности внешних возмущений можно определить по формуле:

$$S_{F(M)}(\omega)=\left(\left|F(\omega)\right|^2 S_\eta\left[\omega(\omega_k)\right]\left|\frac{d\omega_k}{d\omega}\right|^{-1}\right). \quad (3)$$

Для движения СПК с курсовым углом к направлению волн $\chi=90^0$ рассчитаны спектральные плотности сил и моментов.

Определены квадраты модулей передаточных функций СПК, вычисленные в соответствии с линеаризованными уравнениями движения:

$$\left|W_н^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2=\frac{0.71\omega^4+0.235\omega^2+1.203}{0.068\omega^8+3.104\omega^6+1.285\omega^4+0.119\omega^2+1.69};$$

$$\left|W_н^{\delta_{кз}}(j\omega)\right|^2=\frac{0.484\omega^4+0.14\omega^2+0.19}{\lambda_n^2};$$

$$\left|W_н^{к}(j\omega)\right|^2=\frac{0.384\omega^4+0.286\omega^2+0.0062}{\lambda_n^2};$$

$$\left|W_н^{м}(j\omega)\right|^2=\frac{0.00067\omega^2+4.901}{\lambda_n^2};$$

$$\left|W_\psi^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2=\frac{0.0524\omega^4+3.791\omega^2+2.13}{\lambda_n^2};$$

$$\left|W_\psi^{\delta_{кз}}(j\omega)\right|^2=\frac{0.0078\omega^4+0.386\omega^2+0.22}{\lambda_n^2};$$

$$\left|W_\psi^{F}(j\omega)\right|^2=\frac{0.0118\omega^2+0.302}{\lambda_n^2};$$

$$\left|W_\psi^{м}(j\omega)\right|^2=\frac{0.177\omega^4+7.906\omega^2+1.69}{\lambda_n^2};$$

где:

$W_н^{\delta_{нк}}(j\omega);W_н^{\delta_{кз}}(j\omega);W_н^{F}(j\omega);W_н^{м}(j\omega)$ – передаточные функции высоты центра тяжести СПК по углу отклонения носового крыла, кормового закрылка, по возмущающей силе F и моменту M;

$W_\psi^{\delta_{нк}}(j\omega);W_\psi^{\delta_{кз}}(j\omega);W_\psi^{F}(j\omega);W_\psi^{м}(j\omega)$ – передаточные функции угла дифферента по углу отклонения носового крыла, кормового закрылка, по возмущающей силе F и моменту M.

$$\left|W_\beta^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2=\frac{40.8\omega^4+413\omega^2+380}{\omega^8+89\omega^6+2491\omega^4+246\omega^2+314};$$

$$\left|W_\beta^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2=\frac{0.15\omega^6+62.3\omega^4+4552\omega^2+152}{\lambda_Б^2}$$

где через $\boldsymbol{\lambda_Б^2}$ обозначен знаменатель квадрата модуля передаточной функции.

$$\left|W_{\beta}^{F_z}(j\omega)\right|^2 = \frac{\omega^6 + 92.4\omega^4 + 21\omega^2 + 3020}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\beta}^{M_x}(j\omega)\right|^2 = \frac{0.0827\omega^4 + 0.886\omega^2 + 0.736}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\beta}^{M_y}(j\omega)\right|^2 = \frac{0.209\omega^4 + 20.6\omega^2 + 0.835}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\gamma}^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2 = \frac{28.4\omega^2 + 9050}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\gamma}^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2 = \frac{495\omega^4 + 9140\omega^2 + 5100}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\gamma}^{M_x}(j\omega)\right|^2 = \frac{\omega^4 + 6.22\omega^2 + 10.2}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\gamma}^{F_z}(j\omega)\right|^2 = \frac{191\omega^2 + 1760}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\gamma}^{M_y}(j\omega)\right|^2 = \frac{39.8}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\varphi}^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2 = \frac{310\omega^6 + 76650\omega^4 + 39600\omega^2 + 13000}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\varphi}^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2 = \frac{0.768\omega^6 + 72.9\omega^4 + 78.8\omega^2 + 2.38}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\varphi}^{F_z}(j\omega)\right|^2 = \frac{9.26\omega^4 + 862.7\omega^2 + 30}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\varphi}^{M_x}(j\omega)\right|^2 = \frac{0.77\omega^2 + 0.738}{\lambda_{Б}^2};$$

$$\left|W_{\varphi}^{M_y}(j\omega)\right|^2 = \frac{\omega^6 + 88.6\omega^4 + 279.4\omega^2 + 44}{\lambda_{Б}^2};$$

где $\left|W_{\beta}^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|;\left|W_{\beta}^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|;\left|W_{\beta}^{F_z}(j\omega)\right|;\left|W_{\beta}^{M_x}(j\omega)\right|;\left|W_{\beta}^{M_y}(j\omega)\right|;\left|W_{\gamma}^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|;\left|W_{\gamma}^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|;\left|W_{\gamma}^{F_z}(j\omega)\right|;$
$\left|W_{\gamma}^{M_x}(j\omega)\right|;\left|W_{\gamma}^{M_y}(j\omega)\right|;\left|W_{\varphi}^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|;\left|W_{\varphi}^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|;\left|W_{\varphi}^{F_z}(j\omega)\right|;\left|W_{\varphi}^{M_x}(j\omega)\right|;\left|W_{\varphi}^{M_y}(j\omega)\right|.$

передаточные функции соответственно угла скольжения, крена, курса по углу отклонения руля направления, носового крыла, по боковой силе F_z, по моменту M_x и M_y.

2. Математическая модель определения параметров движения исполнительных органов управления СПК

Оценим участие различных органов управления судна в стабилизации параметров движения:

– носовое крыло $\delta_{нк}$: высота центра тяжести H, дифферент V, крен γ, дрейф β и курс φ, т.е. отклонение носового крыла влияет на изменение всех параметров движения;

– кормовой закрылок $\delta_{кз}$: высота центра тяжести H, дифферент ψ; т.е. отклонение кормового закрылка влияет только на продольное движение судна, что объясняется компоновкой крыльевого комплекса;

– руль направления $\delta_{рн}$: крен γ, дрейф β и курс φ.

Каждому из рассмотренных исполнительных органов присущ определённый параметр стабилизации, управление по которому наиболее эффективно. Так для носового крыла $\delta_{нк}$ этим параметром является крен γ, для кормового закрылка – дифферент ψ, для руля направления – курс φ – что подтверждается и соответствующими численными значениями передаточных функций.

В соответствии со спектральными характеристиками внешних возмущений определены спектральные плотности параметров движения СПК по курсу: крен, дифферент и высота центра тяжести. На основании этих данных рассчитаны спектральные плотности углов отклонения, скоростей и ускорения исполнительных органов СПК (носовых крыльев, кормовых закрылков и руля направления).

$$S_{\delta_{нк}}(\omega)=\frac{\left|W_H^F(j\omega)\right|^2}{\left|W_H^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_F(\omega)+\frac{\left|W_H^M(j\omega)\right|^2}{\left|W_H^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_M(\omega)+\frac{\left|W_V^F(j\omega)\right|^2}{\left|W_V^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_F(\omega)+$$
$$+\frac{\left|W_V^M(j\omega)\right|^2}{\left|W_V^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_M(\omega)+\frac{\left|W_\beta^{F_z}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\beta^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{Fz}(\omega)+\frac{\left|W_\beta^{M_x}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\beta^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{Mx}(\omega)+$$
$$+\frac{\left|W_\beta^{M_y}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\beta^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{My}(\omega)+\frac{\left|W_\gamma^{F_z}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\gamma^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{Fz}(\omega)+\frac{\left|W_\gamma^{M_x}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\gamma^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{Mx}(\omega)+$$
$$+\frac{\left|W_\gamma^{M_y}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\gamma^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{My}(\omega)+W\frac{\left|W_\varphi^{F_z}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\varphi^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{Fz}(\omega)+\frac{\left|W_\varphi^{M_x}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\varphi^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{Mx}(\omega)+$$
$$+\frac{\left|W_\varphi^{M_y}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\varphi^{\delta_{нк}}(j\omega)\right|^2}S_{My}(\omega);$$

$$S_{\delta_{кз}}(\omega)=\frac{\left|W_H^F(j\omega)\right|^2}{\left|W_H^{\delta_{кз}}(j\omega)\right|^2}S_F(\omega)+\frac{\left|W_H^M(j\omega)\right|^2}{\left|W_H^{\delta_{кз}}(j\omega)\right|^2}S_M(\omega)+\frac{\left|W_V^F(j\omega)\right|^2}{\left|W_V^{\delta_{кз}}(j\omega)\right|^2}S_F(\omega)+$$
$$+\frac{\left|W_V^M(j\omega)\right|^2}{\left|W_V^{\delta_{кз}}(j\omega)\right|^2}S_M(\omega);$$

$$S_{\delta_{рн}}(\omega)=\frac{\left|W_\varphi^{F_z}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\varphi^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{Fz}(\omega)+\frac{\left|W_\varphi^{M_x}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\varphi^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{Mx}(\omega)+\frac{\left|W_\varphi^{M_y}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\varphi^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{My}(\omega)+$$
$$+\frac{\left|W_\gamma^{F_z}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\gamma^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{Fz}(\omega)+\frac{\left|W_\gamma^{M_x}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\gamma^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{Mx}(\omega)+\frac{\left|W_\gamma^{M_y}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\gamma^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{My}(\omega)+$$
$$+\frac{\left|W_\beta^{F_z}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\beta^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{Fz}(\omega)+\frac{\left|W_\beta^{M_x}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\beta^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{Mx}(\omega)+\frac{\left|W_\beta^{M_y}(j\omega)\right|^2}{\left|W_\beta^{\delta_{рн}}(j\omega)\right|^2}S_{My}(\omega)$$

Спектральные плотности производных от параметров движения исполнительных органов управления определяются по формулам [1]:

$$S_{\dot\delta_{нк}}(\omega)=\omega^2S_{\delta_{нк}}(\omega);\quad S_{\ddot\delta_{нк}}(\omega)=\omega^4S_{\delta_{нк}}(\omega);$$
$$S_{\dot\delta_{кз}}(\omega)=\omega^2S_{\delta_{кз}}(\omega);\quad S_{\ddot\delta_{кз}}(\omega)=\omega^4S_{\delta_{кз}}(\omega);$$
$$S_{\dot\delta_{рн}}(\omega)=\omega^2S_{\delta_{рн}}(\omega);\quad S_{\ddot\delta_{рн}}(\omega)=\omega^4S_{\delta_{рн}}(\omega).$$

Расчеты спектральных плотностей выполнены для пяти курсовых углов к направлению распространения волн $\varphi_w=0^0$; 45^0; 90^0; 135^0;180^0. Из расчетных режимов наиболее тяжелым для исполнительных органов является курсовой угол $\varphi_w=90^0$.

По вычисленным спектральным плотностям углов отклонения, скорости отклонения и ускорения определены дисперсии и среднеквадратические отклонения углов отклонения носового крыла $\bar{\delta}_{нк}$, кормового закрылка $\bar{\delta}_{кз}$, руля направления $\bar{\delta}_{рн}$, скорости отклонения носового крыла $\dot{\bar{\delta}}_{нк}$, кормового закрылка $\dot{\bar{\delta}}_{кз}$, руля направления $\dot{\bar{\delta}}_{рн}$ и ускорения носового крыла $\ddot{\bar{\delta}}_{нк}$, кормового закрылка $\ddot{\bar{\delta}}_{кз}$, руля направления $\ddot{\bar{\delta}}_{рн}$.

$$D_{[\delta_{нк}(t)]} = 0.011 \quad рад^2; \quad \bar{\delta}_{нк}(t) = 0.105 \ рад;$$
$$D_{[\dot{\delta}(t)]} = 0.055 \ рад^2/сек^2; \quad \dot{\bar{\delta}}_{нк}(t) = 0.234 \ рад/сек;$$
$$D_{[\ddot{\delta}(t)]} = 0.388 \ рад^2/сек^2; \quad \ddot{\bar{\delta}}_{нк}(t) = 0.622 \ рад/сек^2.$$

$$D_{[\delta_{кз}(t)]} = 0.021; \quad \bar{\delta}_{кз}(t) = 0.145;$$
$$D_{[\dot{\delta}_{кз}(t)]} = 0.104\,1/сек^2; \quad \dot{\delta}_{кз}(t) = 0.323\,1/сек;$$
$$D_{[\ddot{\delta}_{кз}(t)]} = 0.89\,1/сек^4; \quad \ddot{\delta}_{кз}(t) = 0.945\,1/сек^2;$$
$$\bar{M}_{нкз} = 1.3*0.945 + 292*0.323 + 3060*0.145 = 540 \ кгм.$$

$$D_{[\delta_{рн}(t)]} = 0.126; \quad \bar{\delta}_{рн}(t) = 0.113;$$
$$D_{[\dot{\delta}_{рн}(t)]} = 0.222\,1/сек^2; \quad \dot{\delta}_{рн}(t) = 0.472\,1/сек;$$
$$D_{[\ddot{\delta}_{рн}(t)]} = 1.06\,1/сек^4; \quad \ddot{\delta}_{кз}(t) = 1.03\,1/сек^2;$$
$$\bar{M}_{нрн} = 1.3*1.03 + 1565*0.472 + 3670*0.113 = 1154 \ кгм.$$

Полученные дисперсии и среднеквадратические отклонения параметров движения исполнительных органов СПК являются основой для расчёта моментов нагрузки и мощности исполнительных приводов в режиме стабилизации движения СПК на скорости [5-7].

Заключение

Представлены вероятностные характеристики волнения в общем виде для различных возмущений. Сформированы зависимости для вероятностных характеристик возмущающих сил и моментов, действующих на СПК, и определены максимальные спектральные плотности сил и моментов, действующих на судно при курсовом угле $\varphi_w=90^0$. Представлены линеаризованные уравнения движения СПК. Вычислены передаточные функции внешних возмущений и органов управления СПК, а так же частотные характеристики. Проанализированы дифференциальные уравнения движения СПК и определена роль органов управления в изменении значений различных параметров движения. Рассчитаны спектральные плотности и дисперсии параметров свободного движения СПК, параметров движения исполнительных органов управления и их производных.

Список литературы

1. Каминский В.Ю., Маринов М.Л., Скороходов Д.А., Турусов С.Н. Исследование алгоритмической структуры системы управления движением судна на подводных крыльях // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 1 (39). С. 153-163.

2. Богданов А.Г., Каминский В.Ю., Скороходов Д.А. Синтез оптимальных энергетических характеристик гидроприводов систем управления движением // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 2, № 2(36). С. 47-53.

3. Богданов А.Г., Королёв О.А., Скороходов Д.А. Оптимизация энергетических характеристик исполнительного привода систем управления движением // Транспорт России: проблемы и перспективы: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. Т. 1. С. 289-295.

4. Каминский В.Ю., Маринов М.Л., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Управление движением судов на подводных крыльях в нормальных и аварийных ситуациях // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 2, № 2 (40). С. 127-138.

5. Каминский В.Ю., Маринов М.Л., Скороходов Д.А., Турусов С.Н. Исследование энергетических характеристик исполнительных приводов систем управления движением судна на подводных крыльях // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 4, № 4 (42). С. 65-70.

6. Лукомский Ю.А., Корчанов В.М. Управление морскими подвижными объектами: Учебник. – СПб.: Элмор. 1996. – 320 с.

7. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Анализ и перспективы развития скоростных судов // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 3, № 1 (41). С. 10-20.

УДК 629.5.004

ПОВЫШЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ СУДНА

Скороходов Дмитрий Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник*

Маринов Марин Любенов *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В статье определены внутренние и внешние факторы управляемости судна и проанализировано их влияние на переходе морем. Рассмотрено движение судна в штормовых условиях и обозначены особенности управления при совершении маневров для исключения попадание судна в резонансный режим, приводящий к опрокидыванию. Перечислены особенности движения судна на мелководье и возможности автоматизации с целью повышения качества управления для исключения аварийных ситуаций. Проанализировано взаимодействие судов при движении на малых траверзных расстояниях, приводящее к возникновению поперечных гидродинамических сил, могущих привести к столкновению судов. Определены условия недопущения подобной ситуации. Рассмотрены особенности маневрирования одновинтового судна при различных начальных условиях. Показаны возможности маневрирования двухвинтового судна и судна с винтом регулируемого шага. Приведены способы торможения судна и показаны трудности ручного торможения в аварийных условиях. Изучены проблемы осуществления швартовных операций и постановки судна на якорь. Выработаны рекомендации по повышению управляемости судна в различных режимах.

Ключевые слова: судно, управляемость, фактор, режим, опрокидывание, аварийная ситуация, маневрирование, переход, торможение.

IMPROVING THE CONTROLLABILITY OF THE VESSEL

Skorokhodov Dmitry A. – Dr.Sci.Tech, Professor

Marinov Marin L. – PhD in Engineering Science, Leading Researcher

Institute of Transport Problems named after N.S. Solomenko of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The article defines the internal and external factors of ship handling and analyzes their impact on the sea crossing. The motion of the vessel in storm conditions is considered and the features of control are designated at commission of maneuvers for the exception of hit of the vessel in the resonant mode leading to overturning. Lists the features of the motion of the vessel in shallow water and the possibility of automation with the aim of improving the quality of governance for elimination of emergency situations. The interaction of ships when moving at short traverse distances, leading to the appearance of transverse hydrodynamic forces that can lead to a collision of ships, is analyzed. The conditions are determined to prevent a similar situation. The features of single-screw maneuvering of the vessel at different initial conditions. The possibilities of maneuvering a two-screw vessel and a vessel with a screw of adjustable pitch are shown. The methods of braking of the vessel and shows the difficulties of manual braking in emergency conditions. The problems of mooring operations and anchoring are studied. Recommendations to improve the handling of the vessel in different modes.

Keywords: ship, handling, factor, mode, rollover, emergency, maneuvering, transition, braking.

Водоизмещающие суда распределяются по тоннажу в диапазоне от десятков до сотен тысяч тонн. Существенно различаются и их динамические характеристики, которые определяют особенности заданных алгоритмов системы управления движением (СУД), обеспечивающих управляемость судна. *Управляемость судна* – это способность сохранять устойчивость на курсе и обеспечивать его поворотливость [1]. Известно, что многие суда подвержены рыскливости и, для удержания их на курсе, требуется постоянное маневрирование рулем. На управляемость судна, кроме действий руля и движителей (гребные винты), оказывают влияние факторы, зависящие как от характеристик судна, так и от внешних причин [2]. К внутренним факторам относятся [3]: скорость (V), крен (θ), дифферент (ψ), длина (L), ширина (B), осадка (T), форма обводов подводной части корпуса, высота и форма надводного борта и надстроек, форма и размеры рулей.

К внешним факторам, влияющим на управляемость, относятся: курсовой угол к ветру (КУВт) и скорость ветра (V_B); курсовой угол к направлению движения волнения моря (КУВ) и сила волнения моря (высота волнения моря 3% обеспеченности $\left(h_{3\%}\right)$); глубина моря под килём судна; наличие течений и их направление; ограниченность водного пространства.

Проанализируем влияние на управляемость внутренних и внешних факторов [4,5].

Скорость хода. Чем больше скорость хода, тем устойчивее на курсе и поворотливее судно.

Крен и дифферент судна. При отсутствии крена давление встречной воды на скулы судна распределяется симметрично, но во время крена оно становится неравномерным. Следовательно, при крене корабль будет стремиться отклониться от курса в сторону повышенного борта, испытывающего меньшее сопротивление встречной воды. При дифференте на нос судно теряет скорость и приобретает рыскливость. Дифферент на корму ухудшает поворотливость судна, затрудняя его перемещение рулём и винтами. Однако, при небольших значениях дифферента на корму, определённых для каждого судна, скорость хода может незначительно увеличиваться, а дифферент на нос улучшает поворотливость. Поэтому в открытом море необходимо создавать дифферент, сообщающий судну максимальную скорость хода, а при плавании в узкостях и ограниченной акватории дифферент должен обеспечивать наивысшую поворотливость.

Направление и сила ветра. Практика судовождения знает примеры, когда влияние ветра на управляемость судов определенного вида оказывает существенное, а в ряде случаев, решающее значение. Воздействие ветра на судно проявляется, главным образом, в возникновении крена и дрейфа, в изменении скорости движения и характеристик управляемости. Изменение скорости движения компенсируется увеличением или уменьшением мощности

главных двигателей. Некоторые суда стремятся развернуться по ветру (уваливающиеся по ветру), а некоторые против ветра (приводящиеся к ветру).

Анализ литературы, затрагивающей особенности движения судов различного вида [6-8], показывает её направленность на рассмотрение, в основном, вопросов гидродинамики. В публикациях [9-13] движение судна на переходе морем рассматривается комплексно, с учётом внутренних и внешних факторов влияющих на управляемость, а так же психофизиологических особенностей персонала судов. Подобный анализ позволяет оценить степень автоматизации управления судном в различных условиях.

Движение судна в штормовых условиях

При штормовом ветре основным фактором опасности плавания и маневрирования судна является качка и ветровой крен. Вследствие усиленной качки, зарывания в воду, других причин, обусловленных ветром и волнением, судно теряет возможность идти заданным курсом с оборотами винта, соответствующими нормальной эксплуатационной скорости. При этом для любого судна необходимо выбирать безопасные курс и скорость хода для чего, прежде всего, необходимо определить неблагоприятные характеристики (курс и скорость) соответствующие резонансному режиму бортовой или килевой качки. С этой целью необходимо оценить значения скорости хода и периода собственных колебаний судна. Кажущийся период волны определяется следующим образом [5]:

$$\tau = \frac{\lambda}{1{,}25\sqrt{\lambda} + 0{,}514V\sin\varphi_v}, \qquad (1)$$

где λ – длина волны, φ_v – курсовой угол к волне, V – скорость хода.

Кажущийся период волны можно менять, меняя скорость и курсовой угол к направлению распространения волн. Длина волны определяется по универсальной диаграмме качки в соответствии с параметрами текущей скорости и курсового угла к волне.

Период собственных колебаний судна определяется следующим образом:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{J_x + \Delta J_x}{Dh}}, \qquad (2)$$

где: J_x – поперечный момент инерции масс судна, ΔJ_x – поперечный момент присоединенных масс судна, D – весовое водоизмещение судна, h – начальная поперечная метацентрическая высота.

В условиях плавания судна необходимые данные для расчетной оценки могут быть получены на основе универсальной диаграммы качки, заложенной в вычислительное устройство системы управления движением (СУД).

Поворот судна в штормовую погоду затруднён и чрезвычайно опасен. Под *поворотом* понимают изменение курса с переменой галса по отношению к волне. При выполнении поворота следует выбирать такую скорость, при которой судно не попадает в резонансную зону килевой или бортовой качки. Если при определённых значениях длины волны и периода собственных колебаний судна, резонансная зона охватывает весь возможный диапазон скоростей, то поворот против волны выполнять нецелесообразно. Если длина волны не превосходит шестикратной осадки судна ($\lambda<6T$), то при повороте против волны в момент перемены галса скорость может быть произвольной; при $6T<\lambda<10T$ желательно, чтобы скорость при повороте судна была, возможно, большей, а при $\lambda>20T$ – возможно меньшей, без потери управляемости.

При повороте по волне для исключения оголения и повреждения винта и руля на коротких волнах ($\lambda < 6T$) необходимо обеспечить либо самые малые скорости, либо скорости, превышающие 8-9 узлов; при очень длинных волнах скорости могут быть любые.

Участвующее в повороте или изменении курса судно некоторое время может находиться в условиях, близких к резонансу бортовой качки, а также проходить положение лагом к волне. Условия безопасного прохождения положения лагом к волне имеют вид:

$$\lambda \le \frac{0{,}6B^2}{h}, \tag{3}$$

где B – наибольшая ширина судна, h – поперечная метацентрическая высота.

1. Движение судна на мелководье

Влияние мелководья начинает проявляться с уменьшением глубин H до значений, определяемых по формуле Г.Е. Павленко [1]:

$$H \le 4T + \frac{3V^2}{g}, \tag{4}$$

Наибольшее влияние мелководья сказывается тогда, когда отношение $\frac{H}{T} \le 2$.

Степень влияния мелководья зависит от скорости, выраженной в виде числа Фруда, рассчитываемого по глубине $F_r = \frac{V}{\sqrt{gH}}$. При $F_r \le 0{,}3$ влияние мелководья на скорость и проседание корпуса незначительно для любых значений отношения $\frac{H}{T}$. Влияние мелководья резко возрастает при $F_r \ge 0{,}8$ и достигает максимального значения при $F_r = 1{,}0$ т. е. при критической скорости:

$$V_{кр} = \sqrt{gH}. \tag{5}$$

При движении судна образуется гидродинамическое поле с переменным давлением. Под днищем давление понижено, что вызывает проседание судна, т.е. увеличение средней осадки по сравнению с осадкой неподвижного судна.

Увеличение осадки на мелководье для носа и кормы можно определить по следующей формуле :

$$\Delta T = 0{,}55 \cdot C_V \cdot C_\delta \left(\frac{H}{T} - 0.4\right)^{-2} \cdot (H - T), \tag{6}$$

где H – глубина воды, T – осадка носом или кормой при отсутствии хода, C_V – коэффициент, зависящий от скорости судна, C_δ – коэффициент, зависящий от формы корпуса

$$C_V = 8\left(\frac{V}{V_{кр}}\right)^2 \cdot \left[\left(\frac{V}{V_{кр}} - 0{,}5\right)^4 + 0{,}0625\right], \tag{7}$$

где V – скорость судна, $V_{кр}$ – критическая скорость для мелководья:

$$V_{кр} = 1.28H^{0{,}625} \cdot \left(\frac{L}{TB}\right)^{0{,}125}. \tag{8}$$

$C_{\delta к}$ =1,0 – для кормы, а для носа:

$$C_{\delta н} = \frac{90\delta^2 \cdot B}{L^2}, \tag{9}$$

где $\delta = 0{,}45 - 0{,}65$ – коэффициент полноты водоизмещения.

Потеря скорости на мелководье может быть определена следующим образом:

$$\Delta V\% = 4{,}4\frac{H}{T} - 34 \cdot \frac{V}{\sqrt{gH}}. \tag{10}$$

Потеря скорости определяется со знаком минус, если же получен положительный результат, потерю скорости считают равной нулю.

Мелководье существенно влияет на маневренные характеристики судна. Устойчивость на курсе по мелководью с ровным рельефом дна возрастает. При выполнении поворотов угловая скорость и угол дрейфа значительно меньше, чем на глубокой воде. Радиус циркуляции с уменьшением глубины возрастает и для $\frac{H}{T} \approx 1{,}5$, при прочих равных условиях, на 30% больше радиуса циркуляции на глубокой воде.

Движение судов на встречных курсах при движении в узкостях

Взаимодействие судов при движении на малых траверзных расстояниях, что возможно при их движении в узкостях, приводит к возникновению поперечных гидродинамических сил, направленных в сторону соседнего судна. В зависимости от взаимного положения судов действие поперечных сил может быть приложено к различным участкам корпуса со стороны внутреннего борта, образуя момент, вызывающий уклонение судов с заданного курса. При этом существуют различные схемы взаимодействия при обгоне и встречном движении. На особенности относительного движения влияют: соотношение водоизмещений, соотношение скоростей, расстояние между судами, осадка, наличие мелководья.

Критическая скорость для каналов может быть определена из соотношений:

$$\begin{aligned} V_{кр} &= K\sqrt{gH}, \qquad n = \frac{S_k}{S_\Theta}, \\ K &= 0{,}226\sqrt{n-1}, \end{aligned} \tag{11}$$

где: S_k – площадь сечения канала, S_Θ – площадь мидель-шпангоута судна.

Маневрирование судна

Маневренные характеристики судна определяются его поворотливостью и инерционно-тормозными свойствами. Движение судна с переложенным рулем по криволинейной траектории характеризуется следующими параметрами: диаметром установившейся циркуляции (D_0), углом дрейфа (β), линейной скоростью (V), угловой скоростью на циркуляции (ω), периодом циркуляции $\left(T_ц\right)$.

Период циркуляции можно определить следующим образом

$$T_ц = \frac{\pi D_0}{30{,}8V}. \tag{12}$$

Время поворота $\left(T_\gamma\right)$ на заданный угол (γ) определяется из выражения:

$$T_{\gamma} = \frac{T_{ц} \cdot \gamma}{360}. \quad (13)$$

Тактический диаметр $\left(D_{ц}\right)$(расстояние между диаметральной плоскостью судна на прямом курсе и положением его при повороте на 180^0) можно приближенно вычислить по эмпирической формуле:

$$\text{в балласте } D_{ц} = 0{,}263 \cdot L \cdot \left(\frac{C_{в} \cdot B}{L}\right)^{-1{,}14}; \quad (14)$$

$$\text{в грузу } D_{ц} = 0{,}353 \cdot L \cdot \left(\frac{C_{в} \cdot B}{L}\right)^{-1{,}08}, \quad (15)$$

где $C_{в}$ – коэффициент полноты водоизмещения.

Приближенная зависимость диаметра установившейся циркуляции от угла перекладки руля может быть выражена формулой:

$$D = 6{,}1\delta^{-0{,}509} \cdot D_{ц}, \quad (16)$$

где $D_{ц}$ – тактический диаметр циркуляции при положении руля $\delta = 35^0$.

Динамический угол крена, возникающий при резком повороте в первый момент, может превосходить угол, установившийся на циркуляции в 1,5 – 2 раза. Поэтому судам с малой метацентрической высотой следует избегать резких выходов на циркуляцию на полном ходу.

Входными данными для системы управления движением (СУД) при маневрировании с помощью руля являются: скорость судна, угол перекладки руля, способ поворота, состояние судна (в грузу, порожнем). При этом реализуются следующие алгоритмы поворота: руль перекладывается на борт, скорость хода не меняется. Скорость снижается до минимальной, руль перекладывается на борт, скорость хода увеличивается.

Выходными данными будут: период циркуляции, линейная скорость на циркуляции, диаметр установившейся циркуляции, время поворота в минутах на заданный угол, тактический диаметр циркуляции, скорость хода после поворота, угловая скорость поворота на установившейся циркуляции, зависимость диаметра циркуляции от угла кладки руля, линейное значение форштевня от линии циркуляции в сторону поворота, линейное значение смещения кормы в сторону, противоположную повороту, ширина полосы, занимаемая корпусом судна во время поворота, угол крена на циркуляции в сторону, противоположную циркуляции.

Особенности управления гребным винтом

Если бы гребной винт работал независимо от судна, то благодаря симметричной форме и однородности окружающей жидкости результирующие усилия от лопастей винта были бы направлены вдоль оси вращения. В действительности винт работает во взаимодействии с рулём и корпусом судна. И хотя симметрия гребного винта не нарушается, поле скоростей и плотность потока воды, окружающей винт, не остаются однородными. Лопасти, вращаясь в таком потоке в разных положениях, испытывают разновеликие усилия, отчего результирующая сила упора лопастей отклоняется от оси винта. Эту силу можно разложить на составляющие: продольную $\left(T_{э}\right)$, направленную вдоль оси вращения винта, поперечную $\left(T_{п}\right)$, перпендикулярную оси вращения. Первая называется силой упора и придает судну поступательное движение, вторая – боковая сила – стремится уклонить судно с прямолинейного пути.

От боковых сил избавиться нельзя, однако, их можно использовать при маневрировании. Нередко, когда судно имеет небольшое поступательное движение (малый ход до 3-5 уз-

лов; руль неэффективен) поперечная составляющая силы упора винта может оказаться решающим фактором, определяющим успех маневра.

Различные сочетания режимов работы главного двигателя вызывают определенные комбинации боковых сил гребного винта. Знание этих комбинаций позволяет использовать боковые силы для улучшения маневренных качеств судна.

При этом могут быть следующие начальные условия: судно стоит, судно имеет передний ход, судно имеет задний ход, судно имеет один винт правого вращения.

Виды боковых сил, возникающих на винте: b – сила попутного потока; всегда направлена в сторону, противоположную вращению винта и проявляется на переднем установившемся ходу; c – боковая сила набрасывания струи; максимально проявляется на переднем установившемся ходу, вызывая, как и сила b, уклонение кормы в сторону, противоположную вращению винта. Судно с винтом правого шага при движении вперед под действием сил c и b стремится уклониться по ходу вправо; D – сила реакции винта наиболее ощутима в начале движения судна, вызывает уклонение кормы в сторону вращения винта. Рассмотрим движение судна при различных начальных условиях.

Передний ход со «стопа», когда $c \triangleleft D$. Попутный поток отсутствует. Под действием результирующей силы R судно приобретает движение и уклоняется влево, так как корма уходит вправо.

Перемена хода с заднего на передний. Исходное положение: судно движется задним ходом. Стопорят машину и дают передний ход. Судно по инерции идет задним ходом; b – отсутствует; $c \triangleleft D$. Корма уклоняется вправо.

Передний установившийся ход. $c + b \triangleright D$. Корма уклоняется влево, поэтому судно по ходу уклоняется вправо.

Задний ход со «стопа». Корма значительно уклоняется влево. Руль не влияет на управляемость.

Задний установившийся ход. Корма резко уклоняется влево. Силы c и D направлены в одну сторону.

Перемена хода с переднего на задний ход. Исходное положение – машина работает на передний ход. Стопорят машину и дают задний ход. Судно по инерции продолжает двигаться вперед. Силы c и D действуют в одну сторону и уклоняют корму влево. Однако если инерция переднего хода значительна, а влияние попутного потока сохраняется, может произойти внезапное уклонение судна по ходу влево. Отсюда правило: корма всегда поворачивается в сторону вращения гребного винта при отсутствии спутного потока.

Особенности управления двухвинтовым судном. При одновременной работе двух винтов с одинаковой частотой вращения, влияние боковых сил отсутствует как на переднем, так и на заднем ходу. Повороты только с помощью рулевого устройства имеют идентичную циркуляцию вправо и влево. Если для разворота судна используется одновременно руль и двигатель, то диаметр циркуляции может быть значительно уменьшен.

Поворот с помощью одного винта. Винт создает вращающий момент:

$$M_c = T_в \cdot \frac{l}{2}, \tag{17}$$

где $T_в$ – упор винта, $\frac{l}{2}$ – расстояние от линии вала до диаметральной плоскости судна.

Разворот с помощью двух винтов «враздрай», т.е. один винт работает вперед, а другой назад. В этом случае разворачивающий момент определяется по формуле:

$$M = M_л + M_п = (T_{вл} + T_{вп}) \cdot \frac{l}{2}, \tag{18}$$

где $M_л$ и $M_п$ – разворачивающие моменты левого и правого винтов, $T_{вл}$ и $T_{вп}$ – силы упора левого и правого винтов.

Винт регулируемого шага (ВРШ) позволяет повысить КПД двигателя на режимах, отличных от расчетного. ВРШ создает значительно больший упор и момент по сравнению с винтом фиксированного шага (ВФШ) на малом ходу и, особенно при работе на задний ход, что на 40-50% сокращает время и длину тормозного пути.

Торможение судна

Входными данными при определении особенностей торможения судна являются: m – масса судна, V – скорость судна, D – водоизмещение судна, $P = mV \approx 1{,}1DV$ – количество движения.

Путь и время разгона судна определяются следующим образом.

Путь разгона:

$$S = 0{,}37tV. \tag{20}$$

Время разгона:

$$t = C_1 \frac{DVnd}{N}. \tag{21}$$

где n – частота вращения гребного винта, d – диаметр гребного винта, N – мощность двигателя, H – шаг винта, C_1 – коэффициент, зависящий от отношения $\frac{H}{d}$.

Путь и время торможения судна можно определить по следующим формулам.

Путь торможения:

$$S = 0{,}26tV. \tag{22}$$

Время торможения:

$$t_1 = C_2 \frac{DVn'd}{N'}, \tag{23}$$

где N', n' – мощность и частота вращения гребного винта на режимах заднего хода.

Эффективность торможения в значительной мере определяется временем увеличения частоты вращения гребного винта на задний ход от нуля до номинального значения. Чем быстрее частота вращения на заднем ходу достигает максимальной величины, тем больше средняя сила упора винта за время активного торможения и тем меньше тормозной путь.

Практика показала [3], что для крупнотоннажных судов при экстренном торможении, особенно если скорость судна значительна, в дополнение к упору винта полезно использовать силы гидродинамического сопротивления. Для их возникновения необходимо резкое уклонение судна от заданного курса. Поэтому торможение подобным способом возможно при условии достаточного пространства чистой воды. При этом руль перекладывается на борт, а после разворота на обратный курс машину стопорят и дают задний ход.

Экспериментально установлено, что при подобном маневре у судна водоизмещением 225 000 т на полном ходу вперед (16 узлов) после разворота на обратный курс, скорость падает до 6 узлов. В этот момент машина стопорится и даётся полный задний ход. Работа задним ходом до завершения разворота может привести к потере контроля движения судна, его уходу с траектории циркуляции и удлинению тормозного пути. Снижение хода за счет циркуляции позволяет остановить судно с выбегом вперед по курсу на 3-4 корпуса.

Экстренное торможение судна с помощью руля осуществляется по следующему алгоритму. Руль перекладывается на левый борт, после того как судно отклонится от первоначального курса на 20^0, двигатель переводят на средний ход вперед. После отклонения судна на $40\text{-}50^0$, руль переводят на правый борт и дают малый ход. После возвращения судна на первоначальный курс руль снова переводят на левый борт и снижают ход до самого малого вперед. Судно продолжает уклоняться вправо, затем постепенно возвращается на начальный курс. Руль перекладывают на правый борт и дают полный ход назад. После прекращения движения судна относительно воды стопорят двигатель.

Для объективной характеристики тормозных качеств различных типов судов и оценки, в этом смысле, эффективности комплекса «двигатель – движитель», в качестве критерия целесообразно использовать отношение действительного тормозного пути S_T к условному тормозному пути S_{yc}, которое называется показателем тормозного пути. Условный тормозной путь, отражает ситуацию, при которой гребной винт на заднем ходу, в течение всего времени торможения, развивает силу упора, соответствующую полной мощности двигателя.

Швартовные операции судна

Швартовные операции в море является ответственным и непростым маневром, на качественное выполнение которого влияют: тип судна, размеры, крен, дифферент, курс, скорость, сила и направление ветра, высота и направление волн, сила и направление течения.

При швартовке к судну, лежащему в дрейфе, необходимо учитывать следующие обстоятельства. При правом шаге винта целесообразно швартоваться левым бортом. Необходимо подходить на минимальной скорости, обеспечивающей управляемость судна. При траверзном расстоянии в носу 20-30 м выполняется задний ход и движение останавливают.

При швартовке к судну, имеющему ход, необходимо учитывать, что судно, к которому необходимо швартоваться (пассивное), должно идти против волны с КУВ $20\text{-}30^0$. Швартующееся судно должно подходить к пассивному судну параллельным галсом на расстояние 1 кабельтов и уравнивать скорость хода. Сближение судов осуществляется постепенным уклонением швартующегося судна в сторону пассивного судна. При сближении носовой части судна до 20-50 м с носовой частью пассивного судна подается линь и закрепляются швартовые концы. Швартующееся судно уменьшает свой ход и с помощью руля сближается с пассивным судном.

При швартовке к судну, стоящему на якоре, учитывается, что швартовка выполняется всегда с кормы против ветра и течения. При этом необходимо оценивать амплитуду рыскания, стоящего на якоре судна. Подход также осуществляется под углом $20\text{-}30^0$ минимальным ходом, обеспечивающим управляемость судна. При сближении до 15-20 м подают линь и дают задний ход для погашения инерции. При закреплении носового швартова дают задний ход, благодаря чему корма подводится к пассивному судну.

При швартовке судна в порту выполняют следующие подготовительные операции. На карте отмечают путь следования, определяют глубины, препятствия, точки поворота, глубину у причала. Определяют силу и направление ветра, направление и скорость приливно-отливных течений. Проверяют осадку носом и кормой.

При швартовке бортом судно подходит носом к причалу на минимальной скорости. После подачи носового швартова подтягивают нос судна к стенке и подают с носа второй швартов. Затем перекладывают руль на борт, противоположный швартовке и дают малый ход вперед. При этом корма уклоняется к причалу.

При швартовке кормой предварительно отдают якоря, повернув судно кормой к причалу. Оба якоря должны быть отданы на одной линии, параллельной к причалу. Дают машине задний ход и травят якорные цепи до подхода кормы к причалу. Останавливают машину и подают кормовые швартовы.

Постановка судна на якорь

Входными данными СУД для определения места постановки судна на якорь являются: глубина, защищенность от ветра, размеры места якорной стоянки, наличие и характеристики приливно-отливных течений (направление, скорость, колебание уровня), рельеф дна,

характер грунта, близость навигационных опасностей, наличие навигационных ориентиров, состояние и прогноз погоды.

Размер якорной стоянки (радиус) определяется по следующей формуле [3]:

$$R = \sqrt{l^2 - (H')^2} + L + \Delta R, \tag{23}$$

где l – необходимая длина якорного каната; H' – высота якорного клюза над грунтом; L – длина судна; ΔR – запас якорной цепи.

Безопасная глубина стоянки определяется следующим образом:

$$H = 1{,}2T + 0{,}7h_{в}, \tag{24}$$

где: T – наибольшая осадка судна; $h_{в}$ – вероятная высота волны.

Надежность стоянки зависит от количества вытравленной цепи: чем ее больше, тем ближе к горизонтальному положению, будет направление тяги, тем больше трение о грунт и меньше раскачивание якоря.

Заключение

1. Показано влияние внутренних (скорость хода, крен, дифферент судна) и внешних факторов (глубина моря, направление и сила ветра, волнение моря), и необходимость их учёта при управлении движением судна на переходе морем.
2. Рассмотрено движение судна в штормовых условиях и показано, что безопасное маневрирование целесообразно осуществлять с применением средств автоматизации, позволяющих упростить принятие решений персоналом, особенно при проходе судном положения «лагом к волне». При повороте судна по волне во избежание оголения и повреждения винта и руля на коротких волнах к моменту перемены галса надо иметь либо самые малые скорости, необходимые для обеспечения поворотливости, либо скорости, превышающие 8-9 узлов. При очень длинных волнах скорости могут быть любые.
3. Мелководье существенно влияет на маневренные характеристики судна. Устойчивость по курсу на мелководье с ровным рельефом дна возрастает. При выполнении поворотов угловая скорость и угол дрейфа значительно меньше, чем на глубокой воде. Радиус циркуляции с уменьшением глубины возрастает и, при H/T≈1,5, при прочих равных условиях становится на 30% больше радиуса циркуляции на глубокой воде. При движении судна на мелководье настоятельной необходимостью является автоматизация процесса определения максимальной скорости судна для исключения касания днищем грунта.
4. Взаимодействие судов при движении на малых траверзных расстояниях, которое обычно случается при их движении в узкостях, приводит к возникновению поперечных гидродинамических сил, направленных в сторону другого судна. При этом существуют различные схемы взаимодействия при обгоне и встречном движении. На особенности относительного движения судов влияют: соотношение водоизмещений, соотношение скоростей, расстояние между судами, осадка, наличие мелководья. Указанные обстоятельства определяют необходимость обеспечения подобного взаимодействия судов либо в автоматическом режиме, либо системой информационной поддержки.
5. Маневренные характеристики судна определяются его поворотливостью и инерционно-тормозными свойствами. Динамический угол крена, появляющийся в первый момент при резком повороте, может превосходить установившийся на циркуляции в 1,5-2 раза. Поэтому судам с малой метацентрической высотой следует избегать резких выходов на циркуляцию на полном ходу. Т.о. входными данными для системы управления движением (СУД) при маневрировании с помощью руля являются: скорость судна, угол перекладки руля, способ поворота, состояние судна (в грузу, порожнее).

6. Различные сочетания режимов работы главного двигателя вызывают определенные комбинации боковых сил гребного винта. Знание этих комбинаций позволяет использовать боковые силы для улучшения маневренных качеств судна. Рассматриваются начальные условия: судно стоит, судно имеет передний ход, судно имеет задний ход, судно имеет один винт правого вращения. Конкретные условия определяют специфику представления информации об особенностях движения судна.

7. Эффективность торможения в значительной мере определяется временем увеличения частоты вращения гребного винта на задний ход от нуля до номинала. Чем быстрее частота вращения на заднем ходу достигает максимального значения, тем больше средняя сила упора винта за время активного торможения и тем меньше будет тормозной путь. Экстренное торможение с помощью руля практически невозможно осуществить в ручном управлении. В тоже время этот вариант торможения легко реализуется современными системами управления движением.

8. Для правильного и эффективного осуществления швартовных операций необходимо создание информационной поддержки персонала судна. Входная информация может быть реализована в автоматическом режиме и частично в ручном.

Список литературы

1. Басин А.И. Ходкость и управляемость судна. – М.: Транспорт,1967. – 255 с.
2. Ермолаев Г.Г., Зотеев Е.С. Основы морского судовождения. – М.: Транспорт, 1988. – 258 с.
3. Третьяк А.Г., Козырь Л.А. Практика управления морским судном. – М.: Транспорт, 1988. – 112 с.
4. Бородай Н.К., Нецветаев Ю.А. Качка судов на морском волнении. – Л.: Судостроение, 1967. – 432 с.
5. Ремез Ю.В. О выборе курса и скорости судна при шторме. – М.: Транспорт, 1957. – 48 с.
6. Jung-Hun Kim, Jung-Eun Choi, Bong-Jun Choi, Seok-Ho Chung, Twisted rudder for reducing fuel-oil consumption. // International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 6. Issue 3. September 2014. P. 715-722. ISSN 2092-6782.
7. Christopher S. Chaney, Konstantin I. Matveev, Modeling of steady motion and vertical-plane dynamics of a tunnel hull // International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 6. Issue 2. June 2014. P. 323-332.ISSN 2092-6782.
8. Sung-Soo Kim, Soon-Dong Kim, Donghoon Kang, JongHyun Lee, Seung Jae Lee, Kwang Hyo Jung, Study on variation in ship's forward speed under regular waves depending on rudder controller // International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering. Vol. 7. Issue 2. March 2015. P. 364-374. ISSN 2092-6782.
9. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Безотказность систем управления движением // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 1 (39). С. 185-195.
10. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Королёв О.А. Информационная система поддержки принятия решения при борьбе за живучесть судна // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 93-99.
11. Каминский В.Ю., Маринов М.Л., Скороходов Д.А. Методика учёта профессионально-ценностного аспекта действий судоводителя во время тренажёрной подготовки // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 1 (39). С. 209-215.
12. Круглеевский В.Н., Маринов М.Л., Скороходов Д.А. Информационно-аксиологические аспекты автоматизации контроля пожарной опасности на морских и речных судах // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 2, № 2 (40). С. 137-142.
13. Маринов М.Л., Скороходов Д.А., Турусов С.Н., Каминский В.Ю. Моделирование действий специалистов водного транспорта методом профессионально-аксиологического анализа механизмов принятия решений // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 3 (41). С. 183-189.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лукомский Юрий Александрович *– доктор технических наук, профессор*
Стариченков Алексей Леонидович *– доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой*
Модин Никита Владимирович *– аспирант кафедры корабельных систем управления*
ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассмотрена проблема использования нейронных технологий в системах управления судна для решения ряда задач с целью уточнения навигационной информации и моделирования динамики судна. Общей чертой рассмотренных публикаций является то, что нейросетевые системы не учитывают волнение в качестве существенного для счисления внешнего фактора.

Предложены различные варианты построения интеллектуальной системы в связи с проблемой адаптации нейросетевой системы по отношению к физическим характеристикам судна и условиям плавания. С позиции нелинейности и неопределённости перспективным представляется использование нейронных сетей при проектировании систем счисления.

Ключевые слова: нейронный, сеть, нейросетевой, система, судно, управление, навигационный, моделирование, динамика, маневренный.

SHIP TRAFFIC CONTROL SYSTEMS USING NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES

Lukomskiy Yuriy A. – Doctor of Engineering Sciences, Professor
Starichenkov Aleksey L. – Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of Department
Modin Nikita V. – Postgraduate, Department of Ship Control Systems
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

Abstract. The problem of using neural technologies in ship control systems for solving a number of tasks in order to refine navigation information and simulate ship dynamics is considered. Neural network systems do not take into account excitement as an essential factor for calculating an external factor. This is common feature of the article publications.

Various options for constructing an intelligent system related to the problem of adapting a neural network system with respect to the physical characteristics of a vessel and navigation conditions are proposed. The use of neural networks seems promising when designing number systems from the standpoint of nonlinearity and uncertainty.

Keywords: neural, network, system, vessel, control, navigation, modeling, dynamics, maneuverable.

В данной работе рассмотрены системы с использование нейронных сетей, а также гибридных нейро-нечётких систем при моделировании динамики судна для определения его маневренных элементов, обработки навигационной информации, построения систем управления его движением. В связи с тем, что важной задачей судовождения является получение координат места судна в режиме счисления, обзор проводится именно с позиции возможности использования нейросетевых алгоритмов для решения данной задачи. Общей чертой рассмотренных в работе публикаций является то, что нейросетевые системы не учитывают волнение в качестве существенного для счисления внешнего фактора.

Важной задачей судовождения является получение координат места судна в автономном режиме – ведение счисления. Применение нейросетевых технологий в судовождении, связанное с задачей построения системы счисления, происходит по двум основным направ-

лениям. Первое направление включает исследования, в которых рассматривается использование нейронных сетей и гибридных нейро-нечётких систем в задачах обработки навигационной информации и определения параметров движения судна. Второе направление представляют исследования, в которых изучается возможность построения нейросетевых (нейро-нечётких) систем управления движением судна.

1. Применение нейросетевых технологий для прогноза и уточнения навигационной информации

В исследовании [1] предлагается подход к решению задачи комплексирования навигационной информации, поступающей от инерциальной и спутниковой системы. Комплексирование выполняется на основе фильтра Калмана. Элементы матриц перехода и измерения, а также матричного коэффициента усиления являются в то же время коэффициентами нейронной сети. Элементы матричного коэффициента подлежат коррекции в соответствии с поступающими измерениями вектора состояния, тем самым обеспечивается адаптивность фильтра. Результаты численного эксперимента позволяют сделать вывод о состоятельности предложенной технологии комплексирования для частного случая движения объекта. Исследование [2] посвящено применению нейросетевых технологий в решении задачи комплексирования спутниковой и инерциальной систем. Слабосвязанное комплексирование выполняется на основе фильтра Калмана. Для фильтрации шумовых погрешностей процесса и измерений используется сеть с радиальными базисными функциями (RBF—Radial Basis Functions), параметры структуры которой настраиваются с использованием метода роя частиц (PSO—Particle Swarm Optimization) в режиме реального времени (рисунок 1). В результате определяются оценки ковариационных матриц процесса и измерений, которые используются в алгоритме фильтрации. Было выполнено моделирование движения летательного аппарата в течение 30 мин, координаты которого определялись с использованием корректируемой системы в условиях ошибок измерений датчиками навигационной информации. Результаты моделирования позволяют сделать вывод о том, что точность определения координат объекта с использованием предлагаемого подхода существенно выше по сравнению со стандартной методикой комплексирования, основанной на применении фильтра Калмана.

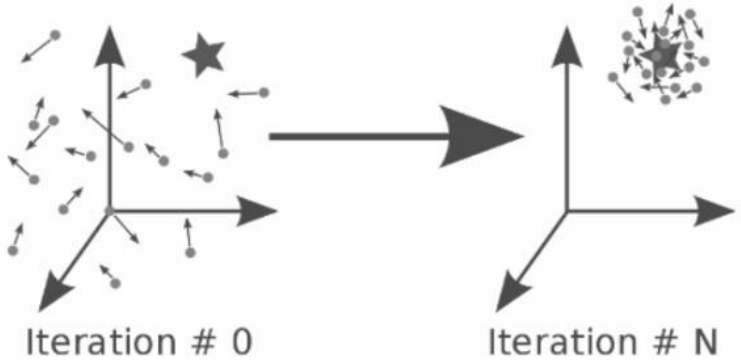


Рисунок 1 – Метод роя частиц

В работе [3] рассматривается применение нейронной сети RBF для прогноза координат объекта в случае выхода из строя инерциального блока корректируемой навигационной системы, когда траектория движения может быть получена только на основе данных спутниковой навигационной системы. Предлагается подход, заключающийся в том, что поступающий на вход нейронной сети вектор координат проходит предварительную обработку при помощи фильтра низких, средних или высоких частот. Рассматривается также стандартный подход, не предполагающий использование указанных фильтров. В том и другом случае нейронная сеть прогнозирует оптимальную траекторию движения объекта по данным спутниковой навигационной системы, характеризующейся шумами измерений. Основной результат исследования состоит в том, что оба рассматриваемых подхода позволяют прогнозиро-

вать траекторию с практически одинаковой точностью, но использование фильтра значительно сокращает время обучения нейронной сети.

В работе [4] предлагается другой вариант использования нейронной сети для прогноза траектории движения наземного объекта в случае потери сигнала от спутниковой навигационной системы. Система состоит из трёх многослойных персептронов, каждый из которых прогнозирует приращения пространственных координат центра тяжести судна. На вход системы поступает сигнал, формирующийся из составляющих вектора скорости, координат на предыдущем шаге, интегралов линейного ускорения и угловой скорости поворота судна. Для выбора оптимальной структуры и алгоритма обучения используется следующий подход. Проводится десятиминутный натурный эксперимент, в котором фиксируются параметры движения, получаемые с использованием спутниковой и бесплатформенной инерциальной навигационных систем. На основе экспериментальных данных формируются две выборки: для обучения и тестирования нейронной сети. Варьированием алгоритма обучения и параметров структуры сети: числа слоёв и количества нейронов в них, находится оптимальная по точности и скорости сходимости процесса обучения архитектура системы. При этом исследуется точность прогноза вертикальной координаты судна. После выбора оптимальной структуры сеть проходит тестирование в другом натурном эксперименте, когда наземное транспортное средство совершает движение в течение 500 с. В течение первых 230 с интегрированная система работает в обычном режиме, используя всю необходимую информацию для прогноза траектории. В этот промежуток времени происходит также и обучение нейронной сети. В оставшиеся 270 с движение происходит при отсутствии сигнала спутниковой системы, а определение координат осуществляется инерциальной системой, а также её комбинацией с нейронной сетью. Использование одной лишь инерциальной системы приводит к накоплению пространственной ошибки определения координат, равной приблизительно 3 км. При использовании комбинированной с нейронной сетью системы величина ошибки составляет приблизительно 200 м.

2. Разработка моделей движения судна на основе нейронной сети

Рассмотрим теперь возможность построения моделей движения судна на основе нейронных сетей. Особенностью является то, что настраиваемые параметры синтезированных систем остаются инвариантными к входным сигналам, поступающими на их вход. Также предлагается [5] построение модели движения судна на основе двухслойной нейронной сети NARX (Nonlinear Auto Regression with External inputs). Сеть принимает на вход скорость судна и угол перекладки руля, а прогнозирует рыскание и скорость дрейфа, которые подаются на вход сети по линии обратной связи. Настройка свободных параметров нейронной сети происходит на образцах, полученных в результате применения модели движения судна в горизонтальной плоскости на основе дифференциальных уравнений. Параметрами имитационной модели служат характеристики судна среднего тоннажа. Рассматриваются два типичных манёвра – «циркуляция» и «зигзаг». В каждом случае формируются выборки образцов, получаемые при различных сочетаниях скорости судна и угла перекладки руля. Множество образцов подразделяется на три подмножества, которые формируют выборки для обучения, проверки обобщающих свойств сети и её тестирования. В ходе тестирования нейронная сеть прогнозирует скорость дрейфа и угол рыскания с достаточной для навигационных целей точностью – наибольшая относительная погрешность в координатах в тестовых ситуациях не превосходит 5,7 % (на циркуляции). Особенность данного подхода к моделированию движения судна заключается в том, что нейронная сеть обучается для каждого типа манёвра отдельно. Иными словами, существует две сети, одна из которых обучена для манёвра «циркуляция», а другая – для манёвра «зигзаг».

В работе [6] предлагается построение модели движения судна на основе нейронной сети. Используется многослойная нейронная сеть прямого распространения, прогнозирующая параметры движения судна на циркуляции (координаты, скорость, угол дрейфа, курс и др.) и имеющая своим входным сигналом величины, зависящие от управляющих воздействий со стороны движительно-рулевого комплекса судна (числа оборотов винта и угла перекладки руля). Предлагается два подхода – прямой и силовой. При прямом подходе на вход

сети подаются непосредственно угол перекладки руля и число оборотов винта. В случае силового подхода, входной сигнал содержит силы, воздействующие на корпус судна со стороны винта и руля, которые вычисляются с использованием известных из теории судна зависимостей. Построение нейросетевой системы счисления и её дальнейшее тестирование было выполнено для четырёх крупнотоннажных судов различных серий, оборудованных стандартным рулевым устройством и имеющих один винт правого вращения. Обучение нейросети выполняется на образцах, полученных при помощи двух навигационных тренажёров: «American Analytics ShipSimulators» и «Norcontrol Simulators». Предполагается, что движение судна происходит на тихой глубокой воде в открытом море при отсутствии ветра. В рассмотренных модельных ситуациях, которые характеризовались различными значениями углов перекладки руля при данной начальной скорости, сеть прогнозирует параметры движения судна на циркуляции с высокой навигационной точностью. Сеть, на вход которой подаются силовые воздействия, как показали результаты тестирования, имеет меньшую точность по сравнению с сетью, построенной из соображений прямого подхода, что, по мнению автора указанного исследования, объясняется тем, что используемые зависимости для расчёта сил не учитывают взаимозависимости в системе «руль – винт – корпус», которые в действительности существуют.

Также предлагается [7] построение нейро-нечёткой системы для идентификации модели судна. Рассматривается гибридная система GEBF – FNN (Generalized Ellipsoidal Basis Function Based Fuzzy Neural Network) (рисунок 2), на вход которой поступает вектор, компонентами которого служат координаты и проекции скорости судна, угол рыскания и его производная, угол перекладки руля для текущего момента времени. Выходным сигналом системы является вектор этих же параметров для последующего момента времени, исключая угол перекладки руля.

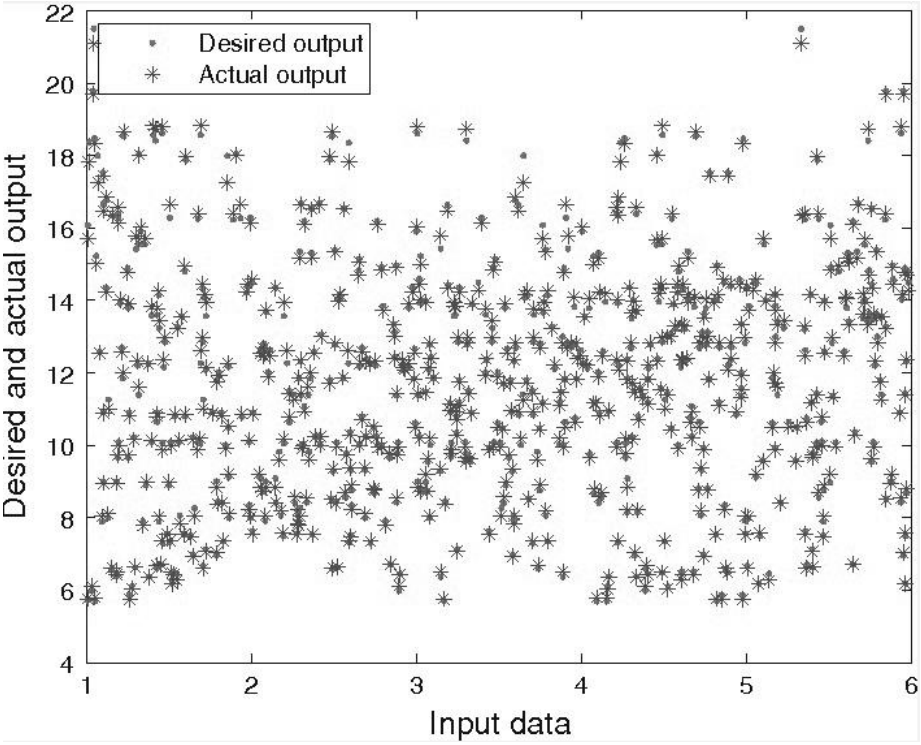


Рисунок 2 – Данные гибридной системы GEBF – FNN

Система обучается в последовательном режиме с использованием имитационной модели танкера объёмным водоизмещением 220000 м3 . При её использовании для получения необходимого количества образцов угол перекладки руля меняется в течение времени по закону синуса. Затем выполняется проверка нейро-нечёткой системы с использованием манёвра «зигзаг», результаты которой позволяют сделать вывод о том, что она прогнозирует пара-

метры движения судна с высокой точностью. Так относительная погрешность координат не превосходит 1% при выполнении судном указанного манёвра.

Использованию гибридных нейро-нечётких систем для прогноза скорости судна в условиях внешних возмущений посвящена работа [8]. В ней предложена система ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), которая прогнозирует изменение скорости судна при наличии ветра, течения и волнения. Система обучается на образцах, полученных с использованием навигационного тренажёра Navi-Trainer NTPRO 4000 для модели крупнотоннажного навалочного судна.

Заключение

В рассмотренных исследованиях нейронные сети нашли самое разнообразное применение при решении навигационных задач. В одних случаях, коэффициенты нейронной сети зависят от физических характеристик конкретного судна, его движительно-рулевого комплекса, оставаясь постоянными при любых значениях входных сигналов, в других – свободные параметры сети настраиваются в соответствии с текущей динамикой судна, характером изменения траектории его движения, не завися в явном виде от характеристик его корпуса, движителя и рулевого устройства.

Нейронная сеть может также выступать в роли регулирующего устройства, стабилизирующего судно на заданном курсе или траектории. При этом коэффициенты сети могут настраиваться как в режиме реального времени на основе величины ошибки регулирования, так и определяться «a priori» на основе эталонных ситуаций, сформированных в процессе управления судном при помощи того или иного регулятора. Результаты проверки работоспособности нейросетевых регулирующих устройств позволяют судить об их эффективности и робастности к изменениям условий движения судна. Использование нейронных сетей также возможно для построения информационных систем, позволяющих прогнозировать параметры движения конкретного судна в режиме реального времени или элементы его циркуляции в статическом режиме. Находят применение нейронные сети и при решении задач комплексирования в интегрированных навигационных комплексах.

Список литературы

1. Числов К.А. Нейроподобный алгоритм коррекции безгироскопной инерциально-спутниковой гравиметрической системы // Информатика и системы управления. 2013. № 4 (38). С. 093-099.

2. Jwo D. J., Chen J. J. Neural network aided adaptive Kalman filter for GPS / INS navigation system design // Proceedings of 9th IFAC Workshop «Adaptation and learning in control and signal processing» (ALCOSP’07). 2007. P. 7.

3. Nguyen-H. M., Zhou C. Improving GPS / INS Integration through Neural Networks // Journal of Telecommunications. 2010. V. 2 (2). P. 1-6.

4. Kaygisiz B. H., Erkmen I., Erkmen A. M. GPS / INS Enhancement for Land Navigation using Neural Network // Journal of Navigation. 2004. V. 57, № 2. P. 297-310.

5. Moreira L., Guedes Soares C. Dynamic model of maneuverability using recursive neural networks // Ocean Engineering. 2003. V. 30, № 13. P. 1669-1697.

6. Ebada A. Intelligent techniques-based approach for ship maneuvering simulations and analysis (Artificial Neural Networks Application): Doktor-Ing. genehmigte Dissertation, Institute of Ship Technology und Transport Systems, Germany. 2007. P. 156.

7. Ning W., Dan W., Tieshan L. A Novel Vessel Maneuvering Model via GEBF Based Fuzzy Neural Networks // Control Conference (CCC), 2012. 31st Chinese. IEEE, 2012. P. 7026-7031.

8. Valcic M., Antonic R., Tomas V. Anfis Based Model for Ship Speed Prediction // Brodo Gradnja. 2011. V. 62, № 4. P. 373-382.

УДК 656.611

О СПОСОБАХ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СУДОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ

Черный Сергей Григорьевич *– заведующий кафедрой электрооборудования судов и автоматизации производства*

Горячев Иван Сергеевич *– аспирант кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства*

Керченский государственный морской технологический университет

Дегтярев Андрей Владимирович *– старший капитан*

Компания Breadbox, Голландия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оценки риска, позволяющих оценить уровень безопасности прохода судна в текущих условиях по заданному маршруту до начала лоцманской проводки и принять решение о начале либо приостановке лоцманской проводки с целью повысить уровень безопасности работы лоцмана.

Ключевые слова: лоция, проводка, безопасность, Керчь, заданный маршрут, маневрирование, канал, судно.

ON WAYS TO IMPROVE THE ACCURACY OF DETERMINING THE LOCATION OF SHIPS USING GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS IN THE KERCH STRAIT

Chernyi Sergei G. – Head of Department of electrical equipment of ships and automation of production

Goryachev Ivan S. – Postgraduate student of Department of electrical equipment of ships and automation of production

Kerch State Maritime Technological University

Degtyarev Andrey V. – Senior Captain

Company Breadbox, Holland

Abstract. The risk questions of vessel's safe passage on the designated route in current circumstances are raised in this article. The methods will allow to assess the safety level of pilotage before it begins and to make a decision whether to start pilotage or to suspend it in order to heighten the level of safety in pilot's work.

Keywords: flight, wiring, security, Kerch, given route, maneuvering, channel, ship.

Плавание судна под проводкой лоцмана – неотъемлемая часть работы любого судна. Услугами лоцманской службы суда пользуются при заходе в порт и выходе из порта, проходах узкостей, каналов и фарватеров, швартовых операциях. Согласно ст. 86 Кодекса торгового мореплавания Российской Федерации основными целями лоцманской проводки являются обеспечение безопасности плавания судов и предотвращение происшествий с судами; защиты морской среды. Именно безопасность является ключевым фактором работы лоцмана. Сложность лоцманской работы состоит в том, что в течение вахты лоцману необходимо осуществлять проводку нескольких судов, зачастую значительно различающихся по типу и маневренным характеристикам.

Керченский пролив, соединяющий Черное и Азовское моря является важной судоходной артерией юга России. Только транзитом через него проходят более 15 тысяч судов ежегодно. Керченский пролив сложен в навигационном отношении, это обусловлено наличием

большого количества отмелей, рифов и банок, а также затонувших судов. Движение судов в проливе осуществляется по установленным путям - каналам и фарватерам. Основным судоходным каналом Керченского пролива является Керчь-Еникальский канал (КЕК) шириной 120 метров. Он позволяет проходить судам с большой осадкой (до 8 метров) через мелководные участки пролива с глубинами 3-4 метра. В данных условиях важнейшей задачей судоводителя становится постоянный контроль местоположения судна. Керчь-Еникальский канал оборудован ведущими створами, однако их использование ограничено условиями видимости, кроме того точность ведущих створов на некоторых участках канала низкая. Учитывая всё вышеизложенное, а также уровень развития современной электроники и космической техники, рационально использовать для непрерывного контроля места судна глобальные навигационные спутниковые системы (ГЛОНАСС или GPS). Точность определения места судна по данным ГНСС составляет 15÷36 м для GPS и 15÷28 м для ГЛОНАСС, в зависимости от типа и года выпуска бортовой аппаратуры.

Исследование проблемы. Исходя из опыта, оснащение большинства судов, проходящих Керченский пролив, оставляет желать лучшего, поэтому будет верно брать в расчёт более грубые параметры точности – 36 м для GPS и 28 м для ГЛОНАСС. Резолюция ИМО А.915(22) устанавливает значения точности определения местоположения судна по всемирным радионавигационным системам – во всех районах плавания точность определений места должна быть не ниже 10 метров. Добиться требуемой или большей точности возможно использования навигационной информации полученной от ГНСС совместно с дифференциальными дополнениями, полученными от береговых контрольно-корректирующих станций, когда данные, полученные от ГНСС, исправляются поправкой, передаваемой достоверным измерителем – наземной опорной станцией. Дифференциальные поправки для судов могут передаваться двумя видами локальных контрольно-корректирующих станций (ККС): станциями, передающими поправки в диапазоне частот от 283,5 до 325 кГц и станциями, передающими дифференциальные поправки через базовые станции автоматической идентификационной системы (АИС) на частотах ОВЧ АИС. Согласно правилу 19 главы V конвенции СОЛАС 74 с поправками все пассажирские суда, а также грузовые суда валовой вместимостью 300 и более, совершающие международные рейсы, и грузовые суда валовой вместимостью 500 и более, не совершающие международные рейсы должны быть оборудованы АИС не позднее 1 июля 2008 года. Исходя из этого, применение контрольно-корректирующих станций, передающих информацию на частотах ОВЧ АИС является предпочтительным, поскольку гарантирует приём дифференциальных поправок практически 100% судов в зоне действия станции. В рамках Федеральной космической программы России на 2006-2015 годы и Федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы» на здании центра службы управления движением судов «Керчь», в соответствии с ГОСТ 56497-2015, был установлен комплекс оборудования контрольно-корректирующей станции – базовой станции АИС дифференциальной подсистемы ГНСС ГЛОНАСС/GPS (ККС-БС АИС) и введен в опытную эксплуатацию 27.12.2018 г. Согласно конструкторской документации, зона действия ККС – БС АИС составляет 22 морских мили, однако, с учётом расположения центра СУДС Керчь, рельефа прибрежной местности Керченского пролива и транспортного перехода через Керченский пролив, реальная зона уверенного приёма сигнала от ККС – БС АИС значительно меньше. Заявленная и реальная зона покрытия ККС – БС АИС в Керченском проливе изображены на рисунке.

Кругом обозначено заявленная зона покрытия, зелёным – реальная зона покрытия, красными линиями ограничена зона действия СУДС Керченского пролива. Из рисунка 1 видно, что зона уверенного приёма дифференциальной поправки не охватывает полностью зону действия СУДС Керченского пролива, в том числе важные рейдовые перегрузочные районы на подходах к Керченскому проливу с юга, имеющие перспективу развития (участок № 3 акватории морского порта Кавказ). Увеличить зону покрытия ККС – БС АИС на подходах к Керченскому проливу с севера и с юга, и тем самым повысить точность определения местоположения судна по ГНСС можно путём обеспечения передачи дифференциальной поправки из мест, где рельеф местности будет оказывать минимальное влияние на распростра-

нение ОВЧ сигнала, то есть с северной и с южной оконечностей Керченского пролива. Для этого предлагается задействовать технические средства СУДС Керчь, а именно базовые станции АИС, находящиеся на радиотехнических постах «Ени-Кале» и «Такиль» на севере и юге Керченского пролива соответственно.

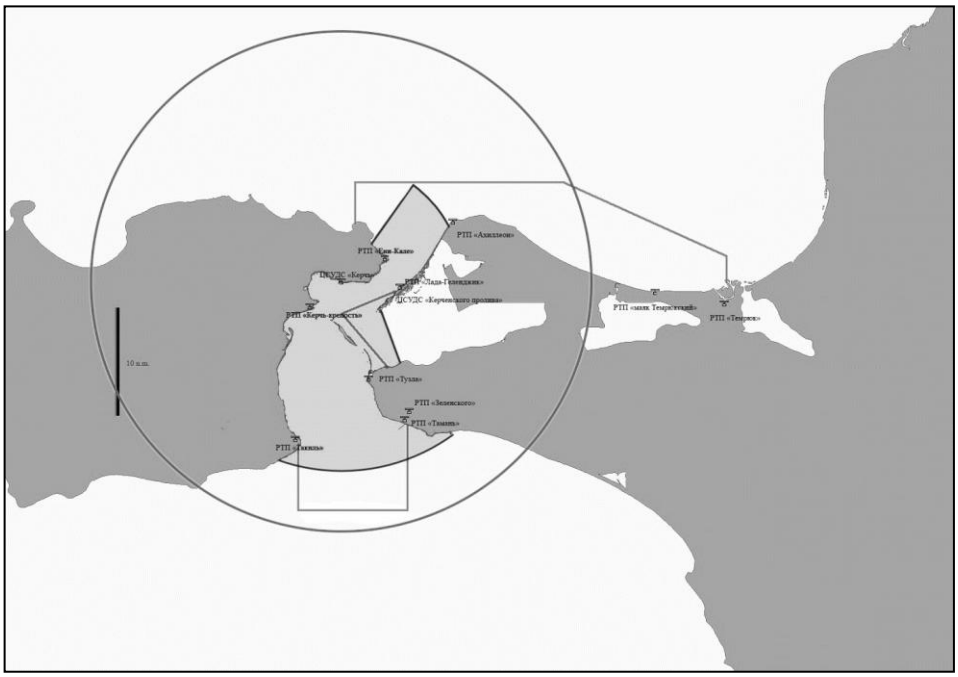


Рисунок – Заявленная и реальная зоны покрытия ККС – БС АИС в Керченском проливе

Согласно [1], зона актуальности дифференциальной поправки для локальных станций составляет до 200 км. Таким образом, вопрос об актуальности пространственной составляющей поправки, передаваемой дополнительными передатчиками, не стоит. Остаётся вопрос актуальности временной составляющей поправки, передаваемой дополнительными передатчиками, так как поправка будет передаваться с задержкой, состоящей из времени передачи данных от ККС – БС АИС на СУДС «Керчь» к передатчикам на радиотехнических постах «Ени-Кале» и «Такиль» и периода передачи сообщений базовыми станциями АИС. Поскольку среднее время прохождения пакета данных от центра СУДС «Керчь» на радиотехнические посты составляет 1,5 миллисекунды, то им можно пренебречь.

Процедуры обмена информацией по каналу АИС регламентированы в Рекомендациях ITU-RM.1371-1. Для передачи и приема информации станциями АИС предусмотрено 22 вида сообщений. Циркулярная передача базовыми станциями АИС поправок ДГНСС осуществляется сообщением № 17 в назначенном режиме вещания БС АИС (FATDMA). Корректирующая информация (поправки ДГНСС) поступает из опорной станции ККС-БС АИС (сообщения типов 1, 31 в соответствии со стандартом RTCM SC-104 версия 2.3). Максимальное время устаревания поправок в режиме передачи БС АИС сообщений типов 1, 31 по ГНСС ГЛОНАСС/GPS с дискретностью 15 сек. не должно превышать 30 сек.

Выводы. Максимальный период передачи сообщений базовыми станциями АИС, расположенными на РТП «Ени-Кале» и РТП «Такиль» составляет 30 секунд. Передача сообщений осуществляется по расписанию, в соответствии с приложением 14 к рекомендации МАМС А-124. Такой период передачи сообщений полностью отвечает требованиям, указанным в приложении 16 к рекомендации МАМС А-124. Исходя из вышеизложенного, представляется возможным обеспечить передачу дифференциальной поправки через имеющиеся технические средства СУДС «Керчь» в соответствии с международными требованиями, тем самым расширить зону действия контрольно-корректирующей станции и повысить точность

определения местоположения судна с помощью глобальных навигационных спутниковых систем в Керченском проливе и на подходах к нему.

Список литературы

1. Parkinson B.W., Spilker J.J. Global Positioning System: Theory and Applications / American Institute of Aeronautics and Astronomics Inc., 1996.

2. Лоция Азовского моря (№ 1243), ГУНиО МО, Санкт-Петербург. 2007.

3. IALA Recommendation A-124 on the AIS Service URL: https://www.iala-aism.org (дата обращения 10.09.2019).

4. Будник В.Ю., Черный С.Г. Оценка Рисков Безопасного Прохода Судов По Каналу Керчь – Ени-Кале // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. № 4. С. 50-53.

5. Соколов С.С., Ныркov А.П., Чёрный С.Г., Жиленков А.А. Устройство контроля остойчивости судна // патент на полезную модель RUS 169161 14.06.2016.

УДК 685.58

ПРОВЕРКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА МОРСКИХ СУДОВ

Бордюг Александр Сергеевич *– доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства*

Железняк Александр Александрович *– доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства*

Черный Сергей Григорьевич *– заведующий кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства*

Керченский государственный морской технологический университет

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оценки надежности и работоспособности судовой энергетической установки судна. Проработаны аспекты идентификации модельных компонентов структуры. Сформулированы выводы основанные на требованиях регистра по адаптации рабочего процесса.

Ключевые слова: судно, отказоустойчивость, безопасность, электрооборудование, система управление, датчик, двигатель, двигатель.

RELIABILITY CHECK OF ELECTRONIC CONTROL SYSTEM OF MARINE DIESEL GENERATOR SET

Bordyug Alexander S. – Associate Professor of the Department of electrical equipment of ships and automation of production

Zheleznyak Alexander Al. – Associate Professor of electrical equipment of ships and automation of production

Chernyi Sergei G. – Head of Department of electrical equipment of ships and automation of production

Kerch State Maritime Technological University

Abstract. The article deals with the issues of assessing the reliability and efficiency of the ship's power plant of the vessel. Aspects of identification of model components of structure are worked out. Conclusions based on the requirements of the register for adaptation of the workflow are formulated.

Keywords: vessel, fault tolerance, safety, electrical equipment, control system, sensor, engine, engine.

Электронная система управления дизельным двигателем отвечает высоким требованиям, с которыми сталкиваются современные системы впрыска. В отличие от транспортных средств с дизельными двигателями, оснащенными обычными рядными или распределительными инжекторными насосами, в системе СУДГА подходящая доза топлива для инъекций рассчитывается системой на основе полученной информации, например, о состоянии работы двигателя, повышения нагрузки на генераторе, выбросах выхлопных газов и т. д. Концепция безопасности, реализуемая системой, состоит в выявлении распространенных ошибок и внесении соответствующих исправлений, например, уменьшение крутящего момента или аварийного режима при частоте вращения холостого хода. Электронная система управления двигателем также позволяет обмениваться данными с другими электронными системами судна [1-3].

Анализ литературных данных. Современные судовые двигатели должны соответствовать все более строгим стандартам, касающимся снижения вредных выбросов компонентов топлива и шума. Это означает более высокие требования к электронной системе впрыска и ее регулированию [4-7]:

– высокое давление впрыска,

– изменяемое значение впрыска,

– изменяемое опережение впрыска,

– регулировка дозы впрыска, давления заряда и начала впрыска для каждого состояния работа двигателя,

– пусковая доза, скорректированная на температуру,

– регулирование частоты вращения на холостом ходу независимо от нагрузки,

– регулирование частоты вращения,

– рециркуляция выхлопных газов.

Сигналы от датчиков поступают на контроллер по следующим цепям:

– аналоговые входные сигналы, информация от аналоговых датчиков относительно количества всасываемого воздуха, давления, температуры двигателя, температуры всасываемого воздуха, напряжения аккумулятора; они преобразуются в цифровые значения в микропроцессоре контроллера;

– цифровые входные сигналы, импульсы частоты вращения генератора от датчика Холла, которые могут обрабатываться непосредственно в микропроцессоре;

– импульсные входные сигналы от индукционных датчиков с информацией о частоты вращения. Конечные элементы СУДГА защищены от повреждения корпуса, более высокого напряжения, а также от повреждения вследствие перегрузки по току. Возникновение этих типов повреждений и прерываний в цепях распознается конечными элементами и передается на контроллер двигателя.

Выбранные входные сигналы контроллера также передаются в другие системы. Диагностическая система, входящая в состав контроллера, является одним из основных электронных блоков управления двигателем. Помимо самодиагностики, драйвер контролирует входные и выходные сигналы, а также связь между контроллерами [1,2].

В некоторых случаях при управлении частотой вращения коленчатого вала малооборотного дизельного двигателя (МОД) неуместно применять классический ПИД-регулятор, особенно когда имеются сильные нелинейности и большие возмущения со стороны винта и корпуса судна. Существует тенденция к принятию новых нестандартных алгоритмов, которые способны улучшить точность контроля частоты вращения МОД. Так как на современных МОД появилось применение цифровых контроллеров (регуляторов частоты вращения), появилась возможность улучшить существующие правила контроля. Дизельные двигатели – это объекты с нелинейными и с астатическим характером передаточной функции. Поэтому необходимо выполнять постоянный контроль за их состоянием. При использовании обычно-

го механического регулятора для дизельного двигателя происходит оптимизация работы двигателя. Однако работать можно только в узком диапазоне параметров. Эффективность большинства обычных регуляторов ограничена главным фактом – они имеют постоянный алгоритм работы по всему рабочему диапазону двигателя. Это является причиной неисправностей дизельного двигателя, например: повышенный уровень дыма, шум, плохая динамика. Самые последние разработки с использованием микрокомпьютеров позволяют легко устранить эти неисправности. Электронный регулятор частоты вращения МОД обеспечивает оптимальную работу двигателя на всем рабочем поле. Адаптивность дизельного двигателя увеличивается, когда механика, электроника и программное обеспечение совмещены.

В рамках экспериментального исследования были разработаны методики испытаний, позволяющие проверить отдельные элементы системы СУДГА. Предметом исследования была система СУДГА EDC 1.2.9 (схема подключения – рисунок), смонтированная на испытательном стенде (рисунок).

Испытания проводились для: системы впуска воздуха, датчиков двигателя, датчиков генератора, системы выпуска выхлопных газов, датчиков и элементов системы на соединении контроллера. Изменяя скорость вращения от 800 об / мин. до 1600 об / мин регистрировались конкретные значения. Исследованные форсунки имеют эффективную электромагнитную катушку, которая может быть распознана по характерному жужжанию. Только в одном из них наблюдался впрыск, а в остальных трех доза топлива была направлена на разлив.

Рисунок – Испытательный стенд для тестирования системы СУДГА (1 аккумулятор, 2 контроллер, 3 топливных бака, 4 привода насоса, 5-ступенчатая система управления, 6 элементы электронного управления, 7 впрыскивающих насосов и топливный инжектор)

Выводы

Предложенные диагностические процедуры системы СУДГА позволили провести тесты и сравнить результаты с результатами, предоставленными производителем. Проведенное моделирование повреждений электронных элементов облегчило идентификацию кодов ошибок с помощью диагностического оборудования. В ходе исследований разработанный стенд позволяет проверять параметры других насосов благодаря универсальному монтажу и регулировке частоты вращения приводного двигателя с помощью инвертора. Проведенные диагностические испытания, которым предшествует проверка и анализ признаков износа после разборки насосов и форсунок, позволяют прогнозировать состояние конкретной надежности системы СУДГА.

Список литературы

1. Бордуков В.Т., Федышин В.И. Дизели и газовые двигатели. – М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1991. – 192 с.

2. Гроэ Х., Русс Г. Бензиновые и дизельные двигатели. – М.: За рулем, 2008. – 272 с.

3. Луканин В.Н., Шатров М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. – М: Высш. школа, 2007. – 400.

4. Румянцев С.И., Синельников А.Ф., Штоль Ю.Л. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебник для ПТУ. – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.

5. Боровских Ю.И., Буралев Ю.В., Морозов К.А., Никифоров В.М., Фешенко А.И. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – М.: Высшая школа, 1997. – 528 с.

6. Бордюг А.С., Масленников А.А., Доровской В.А. Анализ и синтез методов оценки стохастических процессов судовой электроэнергетической системы газодизельных двигателей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2016. № 4. С. 44-53.

7. Соколов С.С., Ныркov А.П., Чёрный С.Г., Жиленков А.А. Устройство контроля остойчивости судна // Патент на полезную модель RUS 169161 14.06.2016.

УДК 681.515

МЕТОДЫ МНОГОМОДЕЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Сиек Юрий Леонардович *– доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники, декан факультета морского приборостроения*

Борисов Александр Николаевич *– аспирант кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Аннотация. В статье рассматриваются методы многомодельной калмановской фильтрации на основе полумарковских процессов для оценивания параметров движения автономных транспортных средств. Приводится математическая модель объекта управления. Рассмотрены вопросы применения полумарковских многомодельных алгоритмов для оценивания вектора состояния динамической системы. Приводятся результаты моделирования для модели движения автономного транспортного средства в боковой плоскости, обосновывающие применение таких фильтров, а также анализируются требования к бортовой вычислительной системе. Программное обеспечение реализовано в среде Matlab и C++.

Ключевые слова: автономный транспорт, система управления, фильтр Калмана, оценивание, математическая модель, ковариация ошибки, многомодельное оценивание, полумарковский процесс.

METHODS OF TRANSPORT DYNAMIC OBJECT'S STATE VECTOR MULTIMODEL ESTIMATION

Siek Yurij L. – Ph.D., Head of Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

Borisov Aleksandr N. – Postgraduate, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

St. Petersburg State Maritime Technical University

Abstract. The article deals with the methods of multimodel Kalman filtering based on semi-Markov processes for estimating the parameters of Autonomous vehicles. A mathematical model of the control object is given. The questions of application of semimarkov multimodel algorithms for estimation of a state vector of dynamic system are considered. The results of modeling for the model of AUV motion in the lateral plane, justifying the use of such filters, are presented, as well as the requirements for the onboard computer system are analyzed. The software is implemented in Matlab and C++.

Keywords: autonomous transport, control system, Kalman filter, estimation, mathematical model, error covariance, multi-model estimation, semi-Markov process.

Одним из возможных способов повышения точности маневрирования автономных динамических транспортных средств является оценивание параметров движения по результатам зашумленных измерений [1]. При линейной модели динамической системы и белых шумах ошибок измерений оптимальное решение задачи достигается использованием фильтра Калмана. В случае если модель объекта управления нелинейная, выбор алгоритма зависит от характера случайных воздействий. Существенно повысить точность вычисления оценки вектора состояния можно с помощью применения многомодельных алгоритмов на основе полумарковских процессов. Многомодельные алгоритмы используют несколько фильтров, взаимодействующих между собой, с последующим объединением их оценок.

В качестве объекта управления для моделирования выбран автономное транспортное средство (АНПА) «Арктика». Его движительно-рулевой комплекс состоит из 5 гребных винтов, один из которых расположен в кормовой части аппарата и 4 подруливающих винтов, располагающихся в вертикальных и горизонтальных шахтах.

Для синтеза фильтра необходимо построение математической модели движения АНПА. При разработке математической модели объект рассматривается как твердое тело, масса и тензор инерции которого остаются постоянными в процессе движения. Математическое описание динамики АНПА нелинейно [2]. Это обусловлено влиянием многих факторов таких, как демпфирование, центростремительные силы, гравитация и сила плавучести и так же силы и моменты, формируемые движительно-рулевым комплексом.

Для большинства подводных аппаратов пространственная траектория движения представляет собой совокупность участков движения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для анализа управляемого движения при маневрировании в этих плоскостях рационально воспользоваться упрощенными формами уравнений, которые записываются с учетом кинематических условий движения и нулевого крена. В работе рассматриваются маневры в горизонтальной плоскости, поэтому система уравнений в пространстве состояний может быть представлена в виде:

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} V_x \\ V_z \\ \omega_y \\ x_0 \\ z_0 \\ \varphi \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} \left(M_{RB}+M_A\right)^{-1}\left(-C_{RB}(q)q - C_A(q)q - D(q)q - g(q) + T_y\right) & 0_{3\times 3} \\ \hline \begin{bmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi & 0 \\ -\sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & 0_{3\times 3} \end{array}\right] \cdot \begin{bmatrix} V_x \\ V_z \\ \omega_y \\ x_0 \\ z_0 \\ \varphi \end{bmatrix} \quad (1)$$

где $M = M_{RB} + M_A$ – матрица инерции твердого тела и присоединенных масс жидкости; $C = C_{RB} + C_A$ – обобщенная матрица кориолисовых и центробежных сил; $D(q)$ – матрица демпфирующих коэффициентов вязкой жидкости; $g(q)$ – вектор сил и моментов гравитации и плавучести; τ – вектор управляющих сил и моментов; $q^T = \left[V_x, V_z, \omega_y\right]$ – вектор скоростей. Методики расчета матриц и векторов изложены в работе [3]. Уравнения (1) являются удобной формой для компьютерного моделирования процессов управляемого движения АНПА.

Рассмотрим задачу построения фильтра для нелинейной динамической системы, получившего название обобщенного фильтра Калмана. Работа фильтра ведется по двухтактному алгоритму «Предсказание-Коррекция» [4,5]. В первом такте фильтр экстраполирует значение вектора состояния, а также неопределенности его элементов. Во втором такте результат экстраполяции уточняется по данным зашумленного измерения параметров системы. Схема работы алгоритма представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Обобщенный фильтр Калмана

Такой фильтр успешно работает, если точно известна математическая модель процесса и внешние возмущения являются белыми шумами. При наличии неопределённостей в параметрах модели оценка вектора состояния может достаточно сильно отклоняться от истинного значения или полностью расходиться. Одним из способов решения этой задачи является моделирование с использованием полумарковских процессов [6,7]. При объединении концепции полумарковских процессов и калмановского оценивания может быть разработан фильтр, способный оценивать состояние АНПА при наличии внешних воздействий с ненулевым средним значением.

Моделирование полумарковского процесса основано на следующих допущениях. Пусть на объект действует дополнительная тяга $\tau_a \in \left\{\tau_a{}^{(1)}, \tau_a{}^{(2)}, \cdots, \tau_a{}^{(N)}\right\}$, не зависящая от времени и принимающая одно из дискретного набора N возможных значений, а длительность воздействия этой тяги является случайной величиной. Эта тяга может быть вызвана несимметричностью выходных сигналов подруливающих винтов и восприниматься, как внешнее возмущение с ненулевым средним. Таким образом, в каждый момент времени k динамика системы описывается одной из N возможных моделей, а их смена является полумарковским процессом с вероятностью перехода $\tilde{U}_{k+1}$. Уравнения состояния и измерений для каждого фильтра имеют вид:

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= f\left(x_k, \tau_k, \tau_a^{(i)}, w_k\right)\ \ i = 1...N \\ z_k &= Hx_k + v_k \end{aligned} \qquad (2)$$

Входными данными для алгоритма являются начальное значение оценки вектора состояния X_k, начальное значение ошибки ковариации P_k, матрицы ковариации шума процесса и ошибок измерений Q_k и R_k, начальное значение оценки $\hat{\tau}_a$, таблица вероятностей переходов из одного состояния в другое $p\tau_a^{(i)}$.

Рассмотрим методику расчета значения $\hat{\tau}_a$. Относительные вероятности

$$p\left(z_{k+1} \mid \tau_k = \tau_a^{(i)}, z_k\right)$$

вычисляются из гауссовской функции распределения со средним значением

$$\mu_z = H_{k+1}\left[\Phi_k \hat{x}_k + G\hat{\tau}_a^{(i)}\right]$$

и дисперсией

$$V_z = H\left(\Phi_k P_k \Phi_k{}^T + GQ_k G^T\right)H^T + R_k:$$

$$p\tau_a^{(i)} = p\left(\tau_{k+1} = \tau_k{}^{(i)} \mid z_{k+1}\right) = \sigma\, p\left(z_{k+1} \mid \tau_k = \tau_k{}^{(i)}, z_k\right)\sum_{\alpha=1}^{N} p\left(\tau_k = \tau_a{}^{(\alpha)} \mid z_k\right)\Theta_{\alpha i} \qquad (3)$$

Константа σ является нормирующим коэффициентом. Значения весовых коэффициентов всех фильтров объединяются в итоговую оценку:

$$\hat{\tau}_a = \sum_{i=1}^{N} \tau_a{}^{(i)}\, p\left(\tau_{k+1} = \tau_k{}^{(i)} \mid z_{k+1}\right) \qquad (5)$$

Таким образом, фильтр состоит из N дискретных калмановских фильтров, настроенных на разные математические модели и работающих параллельно.

Работа алгоритма моделировалась в среде MATLAB [8]. Было проведено моделирование пространственного управляемого движения АНПА в горизонтальной плоскости с известной τ_a.

Вероятность переходов изначально распределялась равномерно. Ковариация ошибок измерений подбиралась в соответствии с измерительными приборами, а ковариация шума процесса, исходя из условий эксплуатации. В ходе моделирования сравнивались истинные значения вектора состояния с измеренными и оцененными для маневра – выход на заданный курс.

Полученные результаты представлены на рисунке 2. Графики иллюстрируют работу алгоритма оценивания угла рыскания АНПА в процессе управляемого движения. Для сравнения приведены результаты работы одномодельного фильтра Калмана и многомодельного на основе полумарковского процесса для одного и того же маневра.

На рисунке 2а показан процесс оценивания угла рыскания с использованием одномодельного фильтра Калмана. Из графика видно, что присутствует ошибка оценивания, вызванная тем, что модель не учитывает дополнительную тягу τ_a. На рисунке 2б – оценивание с помощью многомодельного фильтра, который способен учитывать дополнительную тягу.

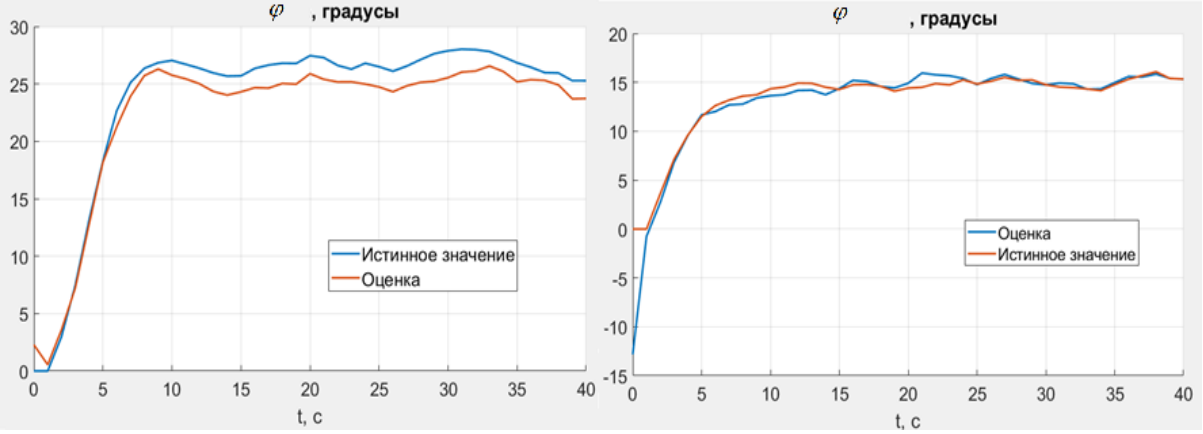


Рисунок 2 – Оценивание угла рыскания и ошибки тяги

Таким образом, вариант многомодельного алгоритма показывает высокие точностные характеристики, однако повышает требования к вычислительной среде АНПА, так как увеличивается количество вычислений. Повысить быстродействие возможно благодаря использованию параллельной бортовой вычислительной среды. Вычисления весовых коэффициентов в каждой модели могут происходить автономно и независимо друг от друга с минимальным обменом информацией между вычислительными узлами. Следовательно алгоритм может быть эффективно реализован в системе с общей памятью.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России №2.5464.2017/БЧ.

Список литературы

1. Рязанцев Л.Б. Многомодельное байесовское оценивание вектора состояния маневренной воздушной цели в дискретном времени // Вестник ТГТУ. 2009. Т. 15, № 4. С. 729-739.

2. Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control / Thor I. Fossen // John Wiley & Sons Ltd. 2011. 582 p.

3. Никущенко Д.В., Надымов Е.Н., Шушков Р.А. Расчет гидродинамических характеристик подводных аппаратов с выступающими частями, рулями и стабилизаторами // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2010. № 4. С. 63-73.

4. Ramsey F. Understanding the Basis of the Kalman Filter Via a Simple and Intuitive Derivation // IEEE Signal Processing Magazine. 2012. Vol. 29 (5). P. 128-132.

5. Борисов А.Н., Борисова М.А., Сиек Ю.Л. Оценивание параметров движения автономного транспортного средства методом калмановской фильтрации // Технологии построения когнитивных транспортных систем: Материалы всероссийской научно–практической конференции с международным участием. – СПб: ИПТ РАН. 2019. С. 254-258.

6. Maneuvering target tracking using adaptive state estimation / Norman H. Gholson, Richard L. Moose // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. MAY 1977. V. 13, № 3. P. 310-317.

7. Борисов А.Н., Сиек Ю.Л. Многомодельное оценивание вектора состояния автономного необитаемого подводного аппарата // Технические проблемы освоения мирового океана: материалы Восьмой всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2019. С. 334-339.

8. Mohinder S., Angus P. Kalman filtering – Theory and Practice Using MATLAB. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. New Jersey. 2015. – 639 p.

УДК 629.7

СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПОДВОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Сиек Юрий Леонардович *– доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники, декан факультета морского приборостроения*

Хуторная Екатерина Викторовна *– кандидат технический наук, доцент кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Аннотация. В статье рассматривается математическая модель бесплатформенной инерциальной навигационной системы подводного транспортного средства. Сложность математического обеспечения бесплатформеннной инерциальной навигационной системы предъявляет требования к бортовой вычислительной среде подводного транспортного средства. Представлены результаты выполнения программы с использованием библиотеки OpenMP, реализующих решение системы дифференциальных уравнений, описывающей работу бесплатформеннной инерциальной навигационной системы подводного транспортного средства, различными методами для разного числа потоков в высокопроизводительной вычислительной среде. Приведённые графики показывают, что использование библиотеки OpenMP ускоряет решение рассматриваемой задачи.

Ключевые слова: высокопроизводительная вычислительная среда, подводное транспортное средство, бесплатформенная инерциальная навигационная система, библиотека OpenMP.

METHODS FOR ORGANIZING A HIGH-PERFORMANCE COMPUTER ENVIRONMENT FOR AN UNDERWATER VEHICLE

Siek Yurij L. – Ph.D., Head of Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

Khutornaia Ekaterina V. – Candidate of Technical Sciences, Docent of Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

St.Petersburg State Marine Technical University

Abstract. The article considers a mathematical model of a strapdown inertial navigation system for an underwater vehicle. The complexity of the mathematical model of strapdown inertial navigation system makes demands on the on-board computing environment of the underwater vehicle. The results of the program execution using the OpenMP library are presented, which realize the solution of the system of differential equations describing the operation of the strapdown inertial navigation system of an underwater vehicle. The program uses various methods for different numbers of threads in a high-performance computing environment. The given graphs show that using the OpenMP library speeds up the solution of the problem in question.

Keywords: high-performance computing environment, underwater vehicle, strapdown inertial navigation system, OpenMP library

Общепризнанно, что наиболее эффективным путем исследования морских глубин является использование технических средств, обеспечивающих косвенное присутствие человека под водой. Важную роль в этом играют подводного транспортного средства (ПТС). Необходимое маневрирование при решении поставленных перед ПТС задач осуществляет навигационная система. В работе рассматривается математическая модель бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) в виде системы дифференциальных уравне-

ний. Сложность математического обеспечения БИНС предъявляет требования к бортовому вычислителю ПТС, для которого становится необходимым условие обеспечения возможности параллельного выполнения предложенных алгоритмов, а следовательно представление системы управления ПТС в виде системы на многоядерных процессорах. Для этого важен выбор одноплатного бортового компьютера. Среди большого количества вариантов на современном рынке микроэлектроники интерес представляют последние разработки отечественных производителей. Компания MicroMax представила одноплатный компьютер, характеристики и достоинства которого рассмотрены ниже.

Выбор одноплатного бортового компьютера

Условия эксплуатации ПТС позволяют сформулировать основные требования к выбору одноплатного бортового компьютера (ОБК) и его комплектующих при создании новых и модернизации существующих аппаратов [5]. Малые габариты важны для минимизации объёма устройства с целью оптимального размещения в стандартных прочных контейнерах с внутренним диаметром 150 мм и длиной 400 мм. Размеры малогабаритных одноплатных компьютеров, соответствующих различным промышленным стандартам:114x124 мм для плат MicroPC; 146x102 мм для плат формата Biscuit 3,5" (сопоставимы с размерами 3,5" НЖМД для ПК); 90x96 мм для плат PC/104 [6].

Пониженное энергопотребление улучшает тепловой режим работы бортового компьютера и повышает в целом надёжность устройства. Условия эксплуатации определяют в качестве основных требования по устойчивости к температурным изменениям, влажности, ударам и вибрации: расширенный диапазон рабочих температур –20…+70°C, функционирование в замкнутом объёме, напряжённый тепловой режим; повышенная влажность до 95% без конденсации влаги (оперативный ремонт в морских условиях); вибрация/удары до 5/20g [4].

На рынке микроэлектроники существует множество вариантов ОБК. Рассмотрим одноплатный компьютер ММ-СВЕ, построенный на российском процессоре Мультикор 1892ВМ14Я, в котором используется вычислительный модуль Салют-ЭЛ24ПМ2 с многоядерным процессором 1892ВМ14Я. Компьютер форм-фактора PC/104 создан в рамках импортозамещения и предназначен для использования в широком спектре встраиваемых промышленных приложений. Изолированные интерфейсы ввода-вывода (2x CAN, 3x Serial) позволят применять изделие во встраиваемых бортовых системах управления и автоматики на железнодорожном транспорте, в промышленности, в горнодобывающей отрасли и других приложениях с суровыми условиями эксплуатации. Одноплатный компьютер будет иметь возможность расширения 48 изолированными портами цифрового ввода-вывода, выполненными в форм-факторе PC/104. Компьютер может работать под управлением операционных систем Linux и QNX 6.5.0 [3] и может быть использован в качестве бортового вычислителя ПТС, поддерживающего параллельные технологии.

Применение параллельных технологий для построения высокопроизводительной вычислительной среды ПТС

Рассмотрим решение системы дифференциальных уравнений, решающих задачу инерциальной навигации ПТС. В математической модели этой системы содержится 17 обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) [7], что является ресурсоёмким для ОБК ПТС ввиду того, что происходит многократный вызов тригонометрических функций и других различных арифметических операций над этими функциями. Для исследования возможности ускорения работы вычислительной среды ПТС написаны две программы, реализующие разные методы вычисления ОДУ: метод Эйлера с контролем точности и метод Рунге-Кутты. Общая структура программы представлена блок-схемой на рисунке 1.

Данная программа ориентирована на системы с общей памятью, т.е. на SMP-системы. Поэтому программная реализация использует возможности библиотеки OpenMP(Open Multi-Processing). OpenMP является одним из самых популярных средств программирования для компьютеров с общей памятью и поддерживается многими современными компиляторами. Программная реализация, написанная на компиляторе Microsoft Visual C++, может быть лег-

ко перенесена на Linux/QNX, которые широко распространены в одноплатных многоядерных бортовых компьютерах ПТС.

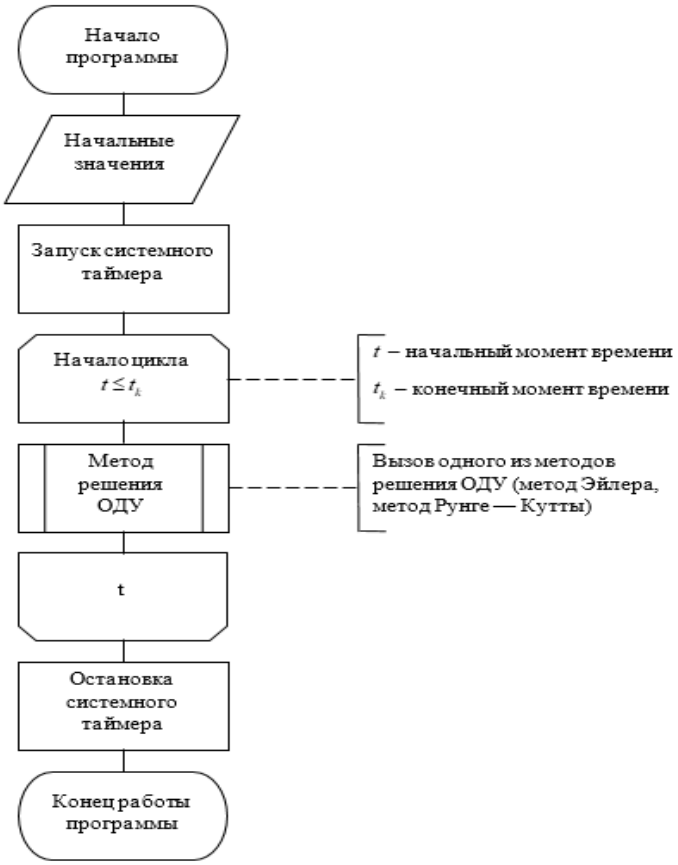


Рисунок 1 – Блок-схема программы, решающей задачу инерциальной навигации ПТС

Результаты применения параллельной технологии OpenMP к организации высокопроизводительной вычислительной среды ПТС

На рисунке ниже представлена зависимость времени выполнения программы для различного числа потоков: по оси абсцисс указано количество потоков, по оси ординат – время выполнения в секундах. Стоит учесть, что по оси ординат был взят логарифмический масштаб, который лучше отображает ускорение разных методов решения ОДУ.

Приведённые результаты выполнения четырех программ с разными методами решения ОДУ, но с одинаковыми начальными данными показывают, что библиотека OpenMP равносильно ускорила работу всех программ. Ускорение в разных методах получилось примерно одинаковым. Варьируя количество потоков, результаты ускорения менялись от 33% (2 потока) до 53% (6 потоков). Можно сделать вывод, что использование библиотеки OpenMP помогло распределить вычисления между ядрами процессора и ускорило работу программы (рисунок 2).

Заключение

Так как испытания проводились на персональном компьютере на базе шестиядерного процессора с установленной операционной системой Windows 10, то результаты работы программы сложно интерпретировать ввиду того, что операционная система Windows захватывает ресурсы компьютера и замедляет работу других программ. Это можно заметить по результатам выполнения программ на 5 и 6 потоках, где ускорение с ростом потоков не увеличивалось. В ПТС применяют систему реального времени QNX, которая предназначена преимущественно для встраиваемых систем, в том числе и для систем ПТС. Как микроядерная операционная система, QNX основана на идее работы основной части своих компонентов как небольших задач, называемых сервисами. Это отличает её от традиционных монолитных

ядер, в которых ядро операционной системы – одна большая программа, состоящая из большого количества «частей», каждая со своими особенностями. Использование микроядра в QNX позволяет пользователям (разработчикам) отключить любую ненужную им функциональность, не изменяя ядро. Для этого можно не запускать определённый процесс. Поэтому можно предположить, что данная программа покажет лучший результат по ускорению на операционной системе реального времени.

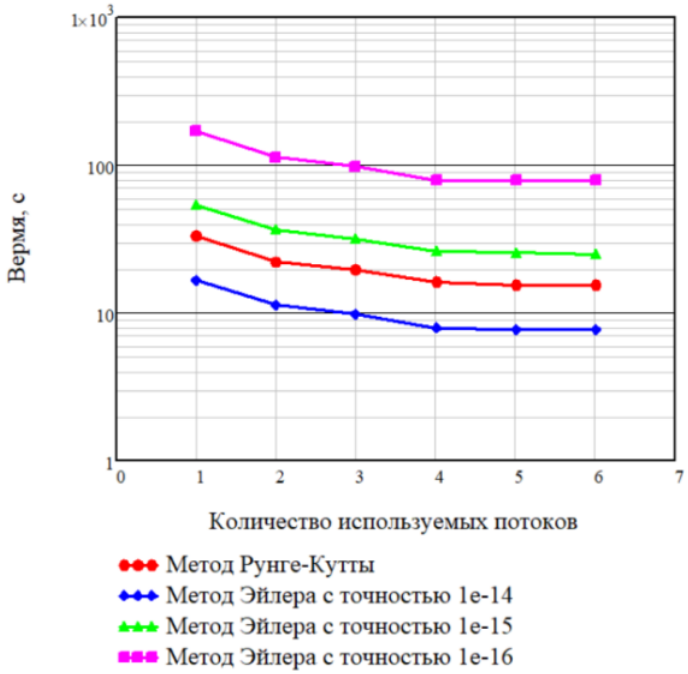


Рисунок 2 – График ускорения работы программы

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России №2.5464.2017/БЧ.

Список литературы

1. Агеев М.Д., Кисилев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / под общ. ред. акад. М.Д. Агеева. – М.: Наука, 2005. – 398 с.

2. Калачев А. Высокопроизводительные многоядерные процессоры для встраиваемых систем // Компоненты и технологии. 2010. № 2. С. 12-17.

3. АО НПЦ «ЭЛВИС» – российские процессоры «Мультикор»: Компьютер для железнодорожной автоматики. URL: http://multicore.ru/index.php? id=1248&tx_ttnews%5 Btt_news%5D=2 59&cHash=97e3b42a78f1ad642fbf3717ee606bae (дата обращения 22.10.2019).

4. Инзарцев А.В, Львов О.Ю. Бортовые вычислительные сети автономных подводных роботов // Современные технологии автоматизации. 2005. № 2. С. 68-74.

5. Кругляк К. Одноплатные компьютеры для встраиваемых систем // Современные технологии автоматизации. 2003. № 4. С. 6-17.

6. Львов О.Ю. О выборе бортового компьютера для автономного необитаемого подводного аппарата // Морские технологии. – Владивосток: Дальнаука. 2001. Вып. 4, № 32. С. 43.

7. Сиек Ю.Л., Хуторная Е.В. Информационная модель бесплатформенной инерциальной навигационной системы подводного робота // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 1, № 2 (36). С. 105-111.

УДК 351.814.28

ИНДИКАТОР РЕЗЕРВНОГО ВРЕМЕНИ СОХРАНЕНИЯ СОЗНАНИЯ ЭКИПАЖЕМ И ПАССАЖИРАМИ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ВЫСОТНОМ ПОЛЕТЕ

Марков Николай Александрович *– научный сотрудник*
АО «Научно-производственное предприятие «Топаз»

Аннотация. Для обеспечения экипажа и пассажиров информацией о величине резервного времени сохранения сознания в условиях нештатных и аварийных ситуаций в высотном полете разработан индикатор резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии включает корпус, в стенки которого заподлицо внешней поверхности встроены датчик барометрического давления и табло для отображения резервного времени сохранения сознания человеком, а внешняя стенка корпуса, противоположная внешней стенке со встроенным табло, оборудована креплением, причем выход датчика барометрического давления подключен к накопителю информации, соединенному с вычислителем, выход которого подключен к компаратору, соединенному с табло и с блоком беспроводного интерфейса.

Ключевые слова: эксплуатация воздушного транспорта, высотный полет, безопасность высотного полета, жизнеобеспечение в высотном полете, спасание в высотном полете, кислородная маска, кислородное оборудование воздушного судна.

INDICATOR OF RESERVE TIME FOR CONSERVATION OF CONSCIOUSNESS BY CREWS AND PASSENGERS DURING TERMINATION OF THE AIRCRAFT IN HIGH ALTITUDE

Markov Nikolay A. – Researcher
JSC «Scientific and Production Enterprise «Topaz»

Abstract. To provide the crew and passengers with information about the amount of standby time for maintaining consciousness in emergency and emergency situations in high altitude flight, an indicator of standby time for maintaining consciousness in humans under conditions of hypoxic hypoxia has been developed. time of preservation of consciousness by a person, and the outer wall of the body, opposite the outer wall with an integrated display, is equipped mounting, and the output of the barometric pressure sensor is connected to an information storage device connected to a computer, the output of which is connected to a comparator connected to the display panel and to the wireless interface unit.

Keywords: operation of air transport, high-altitude flight, safety of high-altitude flight, life support in high-altitude flight, rescue in high-altitude flight, oxygen mask, oxygen equipment of the aircraft.

Анализ статистики нештатных и аварийных ситуацией, обусловленных эксплуатацией воздушных судов, свидетельствует о необходимости решения широкого круга задач обеспечения безопасности экипажа и пассажиров воздушного судна в ситуациях, сопряженных с воздействием гипоксической гипоксии: разгерметизация салона (кабины) или отказ отказа кислородного оборудования летательного аппарата в высотных (происходящих на высотах более 6500 м) полетах [1-4].

В соответствии с международными правилами, при возникновении опасной гипоксической газовой среды в салоне (кабине) самолета срабатывает автоматическая система, из контейнеров над сиденьями пассажиров выпадают кислородные маски, подключенные к системе кислородного электропитания [5-7]. Пассажир должен подтянуть и надеть ближайшую кислородную маску, прижать ее к носу и рту, закрепить маску на голове с помощью резино-

вых креплений, потом помочь надеть кислородную маску другим пассажирам и ждать указаний командира воздушного судна. При этом пассажир не имеет информации о состоянии окружающей газовой среды, что не позволяет оценить реальную опасность жизни и приводит к излишней нервозности, и, особенно в начальный момент времени после выпадения кислородных масок, к панике. Аналогичные проблемы существуют и в других ситуациях, связанных с пребыванием человека в условиях гипоксической гипоксии.

Реализованные на парктике технические решения не предполагают специальное информирование пассажиров в нештатных (аварийных) ситуациях, связанных с возникновением в пассажирском салоне гипоксической газовой среды. Они обеспечивают сигнализацию только о неисправностях кислородного оборудования летчика, отсоединения кислородного шланга от маски или неплотного прилегания маски к лицу, но не о разгерметизации салона самолета; не обеспечивают расчет и индикацию резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии при прекращении дыхания кислородом; обеспечивают надежную сигнализацию опасности только для условий стационарной гипоксической гипоксии, то есть при сохранении постоянства интенсивности гипоксического воздействия в течение анализируемого интервала времени. Техническое решение [8] не позволяет информировать о величине резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии наземные диспетчерские службы. Поэтому для обеспечения человека информацией о величине резервного времени сохранения сознания при пребывании в гипоксической среде, барометрическое давление в которой меньше, чем барометрическое давление на высоте 6500 м, с учетом предшествующей динамики изменения барометрического давления в окружающей газовой среде, обоснован индикатор резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии.

Индикатор резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии включает корпус, в стенки которого заподлицо внешней поверхности встроены датчик барометрического давления и табло для отображения резервного времени сохранения сознания человеком, а внешняя стенка корпуса, противоположная внешней стенке со встроенным табло, оборудована креплением, причем выход датчика барометрического давления подключен к накопителю информации, соединенному с вычислителем, выход которого подключен к компаратору, соединенному с табло и с блоком беспроводного интерфейса. Применение индикатора обеспечивает возможность расчета и индикации объективной оценки резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии на основании совокупности равнодискретно измеренных значений барометрического давления в окружающей газовой среде, с выдачей информации о величине резервного времени сохранения сознания человеком на табло индикатора в реальном времени.

Индикатор использует только один датчик – датчик барометрического давления в окружающей газовой среде, обеспечивает числовую индикацию оценки резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии в реальном времени, причем оценку резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии рассчитывают с учетом предшествующей динамики изменения барометрического давления в окружающей газовой среде, чем обеспечивают адекватный учет условий нестационарной гипоксической гипоксии, и, следовательно, объективность рассчитываемой оценки резервного времени сохранения сознания человеком.

Функционирование индикатора резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии заключается в следующем:

1) индикатор с помощью крепления размещают и закрепляют таким образом, чтобы его показания были видны как можно большему числу людей, а входящий в состав индикатора датчик барометрического давления в окружающей газовой среде не был закрыт посторонними предметами, способными исказить измеряемые величины барометрического давления;

2) после включения индикатора осуществляют съем показаний с датчика барометрического давления в окружающей газовой среде с частотой 1 Гц (1 раз в секунду), одновременно аккумулятор (емкость которого обеспечивает функционирование индикатора в тече-

ние не менее 8 часов после отключения от сети электропитания) автоматически подзаряжают от сети электропитания через разъем сопряжения, а составные части индикатора запитаны через общую шину электропитания;

3) значения барометрического давления в окружающей среде с датчика по информационно-управляющей шине поступают:

– в накопитель информации, представляющий собой сдвиговый регистр из 300 ячеек. То есть в накопителе одновременно может храниться не более 300 измерений барометрического давления (что соответствует измерениям каждую секунду в течение 5 минут) – 301 измерение записывают вместо первого, 302 измерение – вместо второго и т.д.;

– в модуль беспроводного интерфейса для передачи на рабочее место экипажа и на рабочее место специалистов наземных диспетчерских служб;

4) после поступления в накопитель информации результатов первых 300 измерений барометрического давления в окружающей газовой среде в вычислителе начинают динамический расчет оценки резервного времени сохранения сознания человеком *t*, с, по формуле [9-12]:

$$t = \begin{cases} 710370 - 209{,}3\sum_{i=1}^{300}(44060 - P_i),\ P_i < 44060; \\ 710370 - 209{,}3\sum_{i=1}^{300}(44060 - P_i),\ \ P_i \geq 44060\ и\ \sum_{i=1}^{299}(44060 - P_i) > 0; \end{cases},$$

где P – барометрическое давление в окружающей газовой среде, Па. Величина P=44060 Па соответствует барометрическому давлению на высоте 6500 м, начиная с которой вероятность потери сознания человеком считают отличной от нуля;

5) рассчитанная оценка резервного времени сохранения сознания по информационно-управляющей шине поступает в компаратор, где ее сравнивают с величиной 300 с. Если рассчитанная оценка резервного времени сохранения сознания меньше 300 с, то выдают сигнал на включение табло индикатора. В цифровых разрядах табло индикатора отображают рассчитанную оценку резервного времени сохранения сознания человеком, которая изменяется в реальном времени с дискретностью, равной частоте измерения барометрического давления в окружающей газовой среде (1 Гц). С той же дискретностью рассчитанная оценка резервного времени сохранения сознания человеком передается в модуль беспроводного интерфейса для передачи на рабочее место экипажа и на рабочее место специалистов наземных диспетчерских служб. Надписи на русском и английском языках подсвечивают одновременно с включением табло индикатора и с появлением рассчитанной оценки резервного времени сохранения сознания. Если при включенном табло индикатора рассчитанная оценка резервного времени сохранения сознания становится большей или равной 300 с, то выдают сигнал на выключение табло индикатора.

Разработанный индикатор резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии может найти применение в летательных аппаратах, при летной эксплуатации которых имеется риск разгерметизации салона и/или кабины на высотах более 6500 м; при проведении испытаний в барокамерах с участием добровольцев; при оказании помощи раненым и пораженным в условиях высокогорья и в других практических задачах, связанных с пребыванием человека в условиях гипоксической гипоксии.

Список литературы

1. Дворников М.В., Черняков И.Н., Степанов В.К., Шишов А.А. Актуальные направления совершенствования медицинского обеспечения безопасности высотных полетов // Военно-медицинский журнал. 2000. Т. 321, № 10. С. 52.

2. Кукушкин Ю.А., Дворников М.В., Степанов В.К., Сухолитко В.А., Богомолов А.В. Анализ проблем защиты летчика от воздействия высотного фактора полета // Проблемы безопасности полетов. 2002. № 10. С. 27.

3. Дворников М.В., Кукушкин Ю.А., Чернуха В.Н., Кастерский С.М., Замятин В.Г., Куренков А.С. Проблемы обеспечения безопасности высотных полетов при разгерметизации кабины // Проблемы безопасности полетов. 2014. № 12. С. 29-35.

4. Ушаков И.Б., Черняков И.Н., Шишов А.А. Физиология высотного полета. – М.: Колибри, 2007. – 147 с.

5. Брагин М.А., Дворников М.В. Приборы функциональной и психофизиологической диагностики состояния лётчиков в практике авиационного врача (обзор литературы) // Медицинская наука и образование Урала. 2018. Т. 19, № 3 (95). С. 137-142.

6. Кукушкин Ю.А., Дворников М.В., Кисляков Ю.Ю., Шишов А.А., Рыженков С.П. Методическое обеспечение контроля функциональной надежности профессиональной деятельности авиационных специалистов в условиях гипоксии // Проблемы безопасности полетов. 2013. № 7. С. 3-16.

7. Черняков И.Н., Продин В.И., Шишов А.А. Диагностика гипоксии в полете // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. 1991. № 11. С. 10-11.

8. Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Шишов А.А., Филатов В.Н. Индикатор резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии // Патент на полезную модель RUS 136206 02.09.2013.

9. Дворников М.В., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Матюшев Т.В. Технология синтеза законов управления человеко-машинными системами, эксплуатируемыми в условиях высокого риска гипоксических состояний человека // Двойные технологии. 2014. № 1 (66). С. 8-11.

10. Кукушкин Ю.А., Дворников М.В., Богомолов А.В., Матюшев Т.В., Поляков А.В. Математическое обеспечение рискометрии состояний человека в экстремальных и аварийных ситуациях, сопряженных с гипоксическим воздействием // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 10 (142). С. 25-33.

11. Кукушкин Ю.А., Дворников М.В., Степанов В.К., Богомолов А.В., Сухолитко В.А. Методика определения потенциальной ненадежности действий и резервного времени сохранения работоспособности летчика в высотном полете // Проблемы безопасности полетов. 2002. № 11. С. 52-60.

12. Кукушкин Ю.А., Дворников М.В., Богомолов А.В., Шишов А.А., Сухолитко В.А., Симоненко А.П., Степанов В.К. Особенности поддержки принятия решений по устранению особых событий и опасных состояний летчика в высотном полете // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 6. С. 74-79.

УДК 368.025.61

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕМАТИКИ И ГЕЙМИФИКАЦИИ КАК МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

Макаренко Евгений Александрович *– кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента наукоемких производств*

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Аннотация. В статье анализируется возможность использования игровых элементов в деятельности страховых организаций, в частности геймификации, которая позволит увеличить конкурентные преимущества российских компаний. Рассматривается использование игровых элементов для продвижения страховых услуг. Сделаны предположения о дальнейшем направлении развития игровых технологий в страховании, прежде всего в личных видах, таких как страхование от несчастного случая и добровольное медицинское страхование.

Ключевые слова: геймификация, телематика, страхование, риск, каско, сервис, игрофикация, несчастный случай.

THE TELEMATIC AND THE GAMIFICATION AS METHODS OF ICRESENING SECURITY ON THE TRANSPORT

Makarenko Evgenij A. – PhD in Economics, Associate Professor of the Department of the management of high technology productions
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

Abstract. This article include description such phenomenon as gamification in current activity of insurance companies. Gaming elements of insurance service promotion Russian insurance companies are described. The author points out analyse it in Russia and another countries. The author considers the main advantages of telematics (feedback, increase of motivation to drive without damage, individual charging policy) and factors inhibitory improving of telematics devises in business (psychological, social and technological). The assumptions of developing this way in the insurance field (medical and life insurance) are presented.

Keywords: gamification; telematics; insurance; risk; motor-insurance; service; accident.

Использование новых нестандартных методов управленческой деятельности в настоящее время является перспективным направлением развития бизнеса. Одним из таких методов могут стать игровые подходы, распространенные в компьютерных играх и виртуальном пространстве, которые описаны общим понятием «геймификация» (другие названия – игрофикация, геймикация). Термин «геймификация», предложенный в 2002 году Ником Пеллингом, долгое время не являлся предметом научного изучения и не применялся в управленческой предпринимательской практике. Начало реализации этих методов относится к 2010 году, когда в индустрии крупных IT-компаний, образовательных учреждений, библиотек было реализовано 11 геймифицированных проектов [1]. Они имели положительный эффект, что привлекло внимание исследователей к изучению данного тренда, благодаря чему данный термин стал набирать свою популярность.

Считается, что игровые приемы позволяют повысить вовлеченность участников в решение прикладных задач, использование продуктов, услуг, а также усилить лояльность клиентов. Игровую психологию, нацеленную на достижение результата, можно применять практически в любых сферах деятельности. Именно игра приносит удовлетворение и мотивирует человека заниматься чем-либо с удовольствием, интересом и отдачей. В настоящий момент приемы геймификации пытаются использовать в своей деятельности в том числе и страховые компании, и финансовые структуры. Это относится, в частности, к работе с сотрудниками (особенно восприимчивы к геймификации так называемые «игреки» и «зеты»). Кратко подход можно описать следующим образом: позвольте своему сотруднику стать Эльфом 80-го уровня внутри компании – и он свернет для вас горы. Эмоциональная вовлеченность в рабочий процесс приносит ощутимые результаты. Причем с точки зрения не только КПД сотрудника, но и экономии фонда заработной платы: сотрудник, получающий удовольствие от своей работы, отношений в коллективе, согласен работать за меньшие деньги. Собственно, это подтверждают результаты исследования, проведенного аналитическим центром «Эксперт Северо-Запад» под руководством Макуровой Т.С., в ходе которого респондентам – представителям поколения «игрек» был задан вопрос «Допустим, желаемый вами уровень заработной платы составляет 100 единиц. Сделайте выбор: работать за 110 единиц в офисе, по графику, с жесткой служебной иерархией, или за 90 единиц, но с возможностью удаленной работы, гибкого графика, отсутствием служебной бюрократии». Подавляющее большинство респондентов выбрали второй вариант. Крупные работодатели, опрошенные «Эксперт. Северо-Запад», оценили стремление «игреков» к развлекательной составляющей в любой деятельности на 63,33%. Впрочем, геймификация способствует повышению эффективности труда в любом возрасте. В качестве примера можно привести такую ситуацию: в одном пар-

ке городских поливальных машин (за рубежом) лучшим водителям доверялось работать на поливальной машине, раскрашенной в ромашки, и водители «из кожи вон» лезли, чтобы порулить «ромашковой» поливалкой, хотя, казалось бы, какая может быть геймификация в сфере ЖКХ.

Минусы внедрения принципов геймификации – в непонимании целей и задач и неумении внедрять игровые техники в коллективе. Навязывая игру нормативной форме, вместо повышения эффективности труда менеджмент получит скорее отторжение игры.

Но и геймификация для клиентов тоже приносит свои плоды. Общее снижение уровня жизни населения в России и, как следствие, снижение расходов на страхование приводят к усилению конкуренции за страхователя и поискам новых методов борьбы за клиента.

Автострахование всегда было драйвером страхового рынка. При расчёте стоимости страхового полиса по каско страховщики учитывают максимальное количество рисков, которым подвержен клиент. В результате страховая премия складывается из таких показателей, как возраст водителей, стаж вождения, коэффициент бонус-малус (система тарифных коэффициентов, которая изменяет размер страховой премии, в зависимости от его истории страховых случаев) и т.д. Зачастую страхователи одного возраста и стажа имеют разную подверженность рискам. Таким образом, одинаковая стоимость каско является несправедливой, ведь она учитывает только возраст/стаж, а не действительные умения водителя [2].

С одной стороны – страховщики заинтересованы в новых клиентах, с другой – никому не нужны убыточные клиенты. Здесь возможно два варианта решения данной дилеммы: либо брать на страхование безаварийных клиентов, либо «воспитывать» клиентов, делая их безаварийными. Последнее как раз пытаются делать ряд компаний с помощью правил геймификации, установки телематических устройств (устройств, которые с помощью спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS и встроенных датчиков в режиме реального времени собирают статистику об управлении автомобилем и его состоянии) и соответствующего приложения в смартфон. Это несет потенциальную выгоду обеим сторонам: страховой компании помогает набирать себе «в портфель» аккуратных водителей, а клиентам – существенно экономить на страховых премиях.

Рассмотрим игровые принципы взаимодействия пользователя с интерфейсом телематики:

– получение постоянной обратной связи от пользователей, которая даёт возможность динамичной корректировки пользовательского поведения. Страхователь в режиме онлайн видит свое продвижение по линейке аварийности/безаварийности;

– поэтапное погружение пользователя в более тонкие функциональные моменты присвоения баллов за безаварийное вождение с постепенным увеличением уровня сложности задач;

– создание легенды (драмы), которая вызывает интерес пользователя, способствует возникновению чувства сопричастности и эмоциональной вовлеченности [3]. Здесь свою роль играет материальная заинтересованность страхователя в успешности своих действий. Поведенческая экономика давно доказала, что потери человек переживает в два раза сильнее, нежели аналогичный размер выигрыша. В данном случае игра носит материальный характер, т.к. помимо баллов страхователь четко осознает, сколько денег он может сэкономить, управляя автомобилем в рамках ПДД.

Одно дело, когда идет абстрактная оценка аккуратности вождения в принципе, и совсем другое – когда страхователь видит результаты своего вождения «здесь и сейчас». Все это в итоге можно изложить в трех принципах умного страхования «Pay As You Drive» (PAYD), «Pay How You Drive» (PHYD) и «Manage How You Drive» (MHYD) [4]. PAYD – это анализ данных по времени и местам, PHYD – анализ данных по торможению, разгону, превышению скорости и соблюдению правил маневра, модель MHYD – отслеживание поведения водителя, характера вождения и предоставление водителю обратной связи.

Стоит отметить, что геймификация только начинает внедряться в страховой бизнес, так, начало было положено в 2014 году АО «Страховая группа»УралСиб», которая совместно с компаний Raxel Telematic разработали продукт «Умное каско» с 4 вариантами игры для

клиента. В то время ставился прогноз на 20% проникновение «умного каско» на рынок, т.е. каждая пятая застрахованная машина должна была быть оборудована телематическим устройством, однако разразившийся в 2014 году кризис внес серьезные коррективы в динамику проникновения данного продукта. Можно отметить, что страховщики пытаются все больше и больше мониторить застрахованные объекты, если в случае с каско – это телематика, то в агрострахование это беспилотники, оценивающие качество посевов. Данные проекты уже внедрены в ряде регионов Краснодарского края [5,6]. По мнению исследовательской и консалтинговой фирмы Novarica, компании, занимающиеся телематикой и умным страхованием, должны фокусироваться не на дисконтах, а на сервисо-ориентированных программах, это послужит для них ключевым фактором роста. Данный принцип уже начали реализовывать в АО «АльфаСтрахование». Так, автомобилист может получить уведомление о низком заряде аккумулятора, эвакуации или ударе транспортного средства. Приложение отправляет на смартфон водителя push-уведомление в случае начала движения автомобиля без включенного зажигания или при недостаточном заряде аккумулятора. По прогнозам, к 2020 году в России будет продано два миллиона «умных» полисов автострахования. При этом уже сейчас достоинства телематики оценили 100 миллионов водителей по всему миру, в Европе эта технология используется уже около 13 лет, и число полисов с телематикой составляет 6,5 млн. (из них более 3 млн. – в Италии). Можно отметить причины, которые тормозят развитие телематики в России:

– в ряде случаев страхователи отмечали, что приложение некорректно отображало аккуратность вождения, добавляя клиентам штрафные баллы перед очередным чек-поинтом, что сводило на нет все старания водителей ездить аккуратно. Здесь нельзя исключать манипуляции страховщиков с данными с целью недопущения больших скидок;

– нежелания страхователей предоставлять страховщику информацию о своих перемещениях. Ряд страхователей очень трепетно относится к своей личной жизни, поэтому стараются избегать предоставления частной информации;

– телематические устройства считывают информацию с ODB разъема автомобиля, при этом может оцениваться не столько стиль вождения, сколько обороты двигателя или глубина нажатия педали акселератора. Это приводит к тому, что, например, при включенном «зимнем режиме» или «экономичном режиме» движения автомобиля обороты могут быть высокими, а фактическое ускорение очень медленным, т.к. коробка передач будет искусственно уменьшать обороты, передаваемые колесам. В итоге телематическое устройство оценивает ситуацию как резкий старт, а по факту может быть обычное медленное движение автомобиля.

Все эти ухищрения приводят к «нечестной игре», т.к. позволяют страховщикам мотивировать клиентов к аккуратной езде в течение всего уровня контроля за его стилем вождения и в то же время не давать больших скидок за хорошую езду. В настоящий момент рассматриваются возможности внедрения телематики и личные виды страхования (страхование жизни и здоровья). Уже сейчас многие ходят с умными браслетами, отслеживая свою активность в течение дня. Это та же самая геймификация. Эти же активности страховщики хотят заложить в полисы добровольного медицинского страхования и страхования от несчастных случаев [7]. Если вы физически активный человек, то вероятность вашего обращения за медицинской помощью или со смертью от сердечного приступа существенно ниже, нежели человека, который ведет пассивный образ жизни.

Основная технологическая проблема – это создание соответствующих алгоритмов и математический расчет процента снижения рисковой составляющей тарифа. Все это позволит обеспечить адекватное страховое покрытие для простых обывателей, включающее все нюансы их активности, как, например, это делается для профессиональных спортсменов [8]. Другой момент, на который стоит обратить внимание – это социальный. Можно предположить, что использование телематических устройств, 24 часа отслеживающих активность пользователя, вызовет неприятие у многих людей, беспокоящихся о своей частной жизни. И выход из этого возможен только разъяснением преимуществ, повышением интереса к данным инновациям и постоянным разъяснением безопасности их частной жизни.

Таким образом, использование технологий геймификации в деятельности страховых компаний в настоящий момент является важным конкурентным преимуществом, которое позволяет мотивировать современных клиентов, уже привыкших играть в компьютерные игры, общаться в социальных сетях. Геймификация позволяет компаниям увеличить эффективность деятельности, предоставляя клиентам возможность действовать в серьезных сферах на основе опыта игровых ситуаций. Компании, использующие технологии геймификации, ориентируются на будущее, так как можно предположить, что в скором времени большинство систем управления персоналом, обеспечения лояльности клиентов и т.д., будут включать в себя элементы игрофикации.

Список литературы

1. Зиккерман Г., Линдер Д. Геймификация в бизнесе. – М.: Манн, 2014. С. 135-143.
2. Дроздов Г.Д., Макаренко Е.А., Пастухов А.Л. Моделирование процессов страхования // Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики. 2011. С. 105-111.
3. Макаренко Е.А., Борисов А.С. Влияние нейромаркетинга на технологии продвижения новых продуктов // Актуальные проблемы экономики и управления. 2019. № 3. С. 38-40.
4. Gamification, Game-based Learning, Serious Games: Any Difference? LearningSolutions. URL: https://learningsolutionsmag.com/articles/1337/ (дата обращения 10.10.2019).
5. Макаренко Е.А., Евдокимов К.В., Саморуков В.И. Основные тенденции развития сельхозстрахования в России в 2017 году // Роль экономической науки в развитии социума: теоретические и практические аспекты. 2018. С. 431-438.
6. Макаренко Е.А., Евдокимов К.В., Саморуков В.И., Кожевников А.А. Рынок сельхозстрахования в России: итоги 2018 года и пути развития до 2020 года // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: материалы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург. 2019. С. 171-176.
7. Макаренко Е.А., Саввинова Ю.А. Совершенствование нормативных аспектов системы закупок в сфере страхования профессиональных спортсменов // Моя профессиональная карьера. 2019. Т. 2. С. 14-26.
8. Моськин А.В., Макаренко Е.А. Совершенствование механизма обеспечения страховой защиты спортсменов // Физическая культура студентов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 38-41.

УДК 65

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПУТЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СООБЩЕНИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

Топоров Алексей Валерьевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение»)*

Иванов Виталий Евгеньевич *– кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение»)*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. В представленной работе приводится обоснование применения автономного роботизированного комплекса для проведения качественного диагностирования рельсового пути на железной дороге с передачей данных на стационарный мониторинговый центр.

Ключевые слова: техническое решение, робот, автономный роботизированный комплекс, диагностика, дефектоскоп, железнодорожный транспорт, обеспечение безопасности.

ENSURING SAFETY ON RAILWAY LINES BY USING MODERN DIAGNOSTIC ROBOTIC COMPLEX

Toporov Aleksey V. – Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor of the Department of mechanics, repair and machine parts (as part of UNK «Fire Fighting»)

Ivanov Vitaliy Ev. – Candidate of Sciences in Technology, Lecturer of the Department of mechanics, repair and machine parts (as part of UNK «Fire Fighting»)

Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia

Abstract. In the presented work the substantiation of application of the Autonomous robotic complex for carrying out qualitative diagnostics of a rail track on the railway with data transfer to the stationary monitoring center is given.

Keywords: technical solution, robot, Autonomous robotic complex, diagnostics, flaw detector, railway transport, security.

В настоящее время ни для кого не секрет, что рациональное расходование средств на содержание объектов железнодорожного транспорта возможно только при условии качественного мониторинга их состояния. На европейских железных дорогах уже внедрены различные автоматизированные информационно-аналитические системы техобслуживания объектов (IRISSys, PATER и др.). Используя такие системы, специалисты-аналитики накапливают и изучают результаты диагностирования и, следовательно, могут обоснованно формировать планы мероприятий по содержанию требуемого состояния железнодорожной инфраструктуры [1-7]. Выявление повреждений рельсов на железной дороге позволяет предотвратить возникновение чрезвычайной ситуации или аварии на транспорте, а как известно любую катастрофу легче и дешевле предотвратить чем ликвидировать ее последствия. Кроме предотвращения техногенных аварий выявление дефектов в одной из основных частей железной дороги – рельсовом пути позволяют уменьшить денежные затраты на содержание и ремонт вагонов, тепловозов и электровозов, выбрать схемы ремонта пути, повысить надежность подвижного состава. Для выявления возможных дефектов проводится процедура диагностирования. Диагностирование-процесс установления признаков, характеризующих техническое состояние объекта-локомотива, дизель-поезда и др., а также любого элемента, по внешним признакам или параметрам с определенной точностью указания места, вида и причин дефекта, если таковой обнаружен [4]. Выбор вида, метода или устройств диагностирования производится на основании технических, экономических, и других расчетов, а также технических требований, отражающих специфику процесса диагностирования рельсов при их эксплуатации и ремонте. Разработка новых устройств для проведения диагностирования рельсового пути позволит повысить качество проводимых работ, снизить денежные затраты на их выполнение и как следствие повысить безопасность на транспорте.

История проведения непрерывной диагностики рельсового пути в нашей стране началась более века назад – в 1886 году с изобретения Н.А. Онуфовичем «катучего» шаблона рельсов [2]. С того времени диагностическая техника непрерывно совершенствовалась, как в России, так и за рубежом, появлялись новые устройства для диагностики пути, применялись новые физические принципы [3,5,7], да и сами вагоны и локомотивы становились тяжелее, что влекло за собой большие нагрузки на рельсы [1] и как следствия необходимость более тщательного контроля за их состоянием.

В настоящее время для диагностики пути на Российских железных дорогах используется ряд специальной техники, значительно отличающейся по исполнении, габаритам и физическим принципам [5]. Условно разделить диагностические комплексы возможно по габаритам и исполнению. Наиболее габаритными и более функциональными являются вагоны

– дефектоскопы. На рисунке 1 представлен совмещенный вагон-дефектоскоп с расширенными функциональными возможностями АВИКОН-03М [8].

Рисунок 1 – Вагон – дефектоскоп АВИКОН-03М

Такой измерительный комплекс способен проводить диагностику больших отрезков пути ультразвуковыми и магнитными методами со скоростями до 60 км/ч, оснащен системой видерегистрации, системой оперативной связи gprs, edge gsm, wap, wi-fi, wi-max и др. Недостатками его являются значительные габариты, поскольку комплекс выполнен на базе существующего железнодорожного вагон, а для работы на нем необходимо несколько операторов.

Для диагностики непротяженных участков пути применяются менее габаритные устройства. На рисунке 2 представлен дефектоскоп ультразвуковой АВИКОН-11 [8].

Рисунок 2 – Дефектоскоп АВИКОН-11

Аппарат предназначен для обнаружения дефектов и регистрации сигналов от них в обеих нитях железнодорожного пути пьезоэлектрическими резонаторами при сплошном контроле со скоростью движения – до 4 км/ч. Недостатками устройства являются низкая скорость обследования, отсутствие средств связи для передачи полученных данных, необходимость привлечения к управлению и перемещению дефектоскопа оператора. Указанные недостатки ограничивают применение таких устройств, либо значительно повышают стоимость проведения диагностики.

Для расширения технических возможностей по мониторингу рельсового пути предлагается создать автономный роботизированный комплекс. Основной задачей комплекса является диагностика рельсового пути в автономном режиме с передачей данных на стационарный мониторинговый центр, обеспечение безопасности перемещения без участия оператора.

На рисунке 3 представлена возможная принципиальная схема предлагаемого устройства.

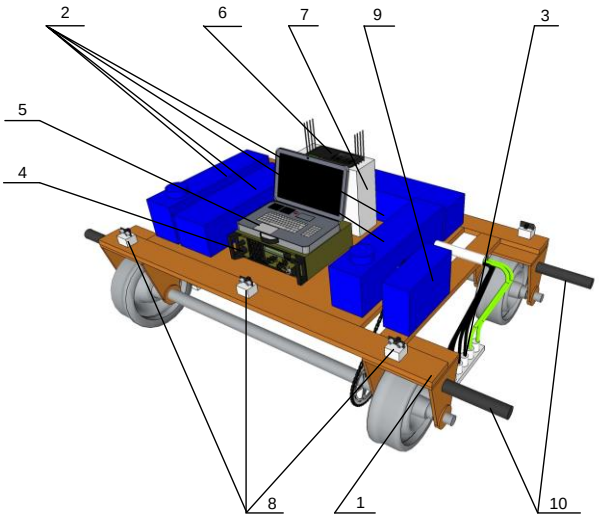


Рисунок 3 – Схема роботизированного дефектоскопа

Автономный роботизированный дефектоскоп состоит из платформы 1. На платформе 1 размещаются блоки аккумуляторных батарей 2, которые служат для электроснабжения оборудования комплекса. В отличии от существующих конструкций количество аккумуляторных батарей возрастает, поскольку их энергия используется как для электропитания бортовых устройств, так и для движения, и должно обеспечивать уверенное функционирование комплекса в течении рабочей смены без подзарядки и обслуживания. Диагностический комплекс состоит из акустических датчиков 3, установленных на платформе 1, соединенных с аппаратурой обработки и анализа данных 4. Аппарат обработки и анализа данных 4 преобразует сигналы с акустических датчиков 3, анализирует их, определяя таким образом места дефектов рельсов. Сигнал с аппаратуры обработки и анализа данных 4 поступает на компьютер 5, который производит запись полученных данных, и осуществляет их передачу на модуль связи 6. Модуль связи 6 оснащен приемо – передающими антеннами, средствами связи, например на основе 4G, и позиционирования, например на основе GPS/ГЛОНАСС, и позволяет предавать полученную информацию о состоянии рельсов, наличию дефектов и положению автономного роботизированного дефектоскопа на стационарный мониторинговый центр. Модуль связи 6 так же необходим для обеспечения дистанционного управления процессом диагностирования, контроля состояния, передачи видеоизображения. Модуль управления 7 осуществляет контроль за наличием по периметру устройства препятствий, на основе обработки сигналов с датчиков расстояния 8 и формирует сигнал на остановку дефектоскопа в случае появления препятствия. Модуль управления 7 так же связан с модулем связи 6, что позволяет оператору, находящемуся на стационарном мониторинговом центре дистанционно управлять движением устройства и контролировать обстановку вокруг него. В корпусах датчиков расстояния 8 так же установлены видеокамеры, позволяющие получать видеоизображение обстановки вокруг дефектоскопа. В движение устройство приводиться за счет электропривода 9 и механической передачи, передающей вращение от электропривода 9 к валу платформы 1. Электропривод 9 позволяет регулировать скорость движения, изменять направление движения, производить торможение дефектоскопа по командам с модуля управления 7. Питание электропривода осуществляется от аккумуляторных батарей 2. Для установки на рельсы и переноски служат ручки 10.

В рабочем состоянии аппаратура автономного роботизированного дефектоскопа закрывается кожухом, защищающем ее от воздействий окружающей среды. На верхней части кожуха установлена световая сигнализация (рисунок 4).

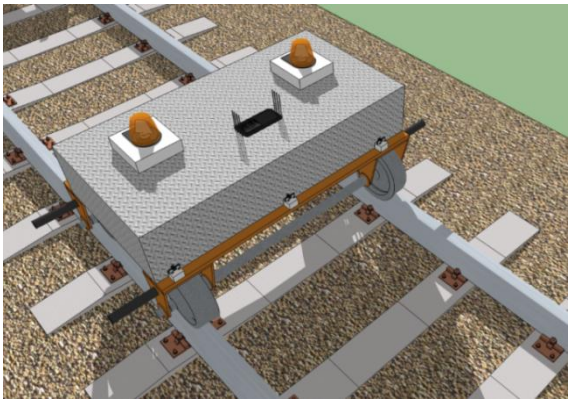


Рисунок 4 – Общий вид автономного роботизированного дефектоскопа в рабочем состоянии

Предлагаемая конструкция может быть создана на основе существующих дефектоскопов. Основными отличиями предлагаемого проекта от существующих изделий является наличие дополнительных аккумуляторных батарей, модуля связи, модуля управления, датчиков расстояния, ходового электропривода, механической передачи на вал платформы, кожух. Поскольку эксплуатация устройства не требует привлечения оператора для его транспортировки и обслуживание возможно получение экономического эффекта за счет экономии заработной платы. Экономический эффект так же будет получен за счет сокращения времени обработки полученных данных и за счет этого более оперативного устранения дефектов рельсов. Другим достоинством предлагаемого решения является сбор информации в едином мониторинговом центре. Дистанционный сбор информации о повреждениях позволит более детально выявлять причины возникновения дефектов и на основании этого принимать своевременные управленческие решения для обеспечения безопасности при эксплуатации железных дорог.

Список литературы

1. Горшков Б.С. Чудо техники – железная дорога. – М.: Техника – молодежи, 2013. С. 125-140.
2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – Министерство путей сообщения Российской Федерации. – М.: Техинформ, 2000. – 211 с.
3. Кудинов Д.С., Шайдуров Г.Я. Проблемы неразрушающего контроля рельсовых путей на железнодорожном транспорте // Датчики и Системы. 2009. № 10. С. 19-27.
4. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалёв и др.; Под ред. В.В.Клюева. М.: Машиностроение, 2003. – 302 с.
5. Пантелеев Р.А. Требования к структуре и составу унифицированного восстановительного комплекса железнодорожной автоматики и телемеханики // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 170-174.
6. Мирфатуллаев М. М. Пожарная безопасность на железнодорожном транспорте // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. Т. 1. С. 201-203.
7. Ивахнюк Г.К., Мифтахутдинова А. А. Диспергирование наночастиц в системе легковоспламеняющихся жидкостей с целью обеспечения пожарной безопасности при транспортировке нефтепродуктов // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. Т. 1. С. 250-251.
8. Шувалов Д.В., Фискевич А.С., Буянов М.С. Некоторые пути решения проблем производства погрузо-выгрузочных работ при организации строительства и реконструкции

железных дорог // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 99-102.

9. Яшин М.Г. Устойчивость функционирования магистральных железных дорог // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 130-132.

10. Зенина Н.Н. Анализ организационных патологий ОАО «РЖД» // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 143-146.

УДК 656.078

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В РОССИИ

Иванова Наталья Георгиевна *– кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и права Института безопасности жизнедеятельности*
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В статье представлены факторы, влияющие на качество автомобильных дорог в России. Рассмотрены группы транспортно-эксплуатационных показателей качества, используемые для оценки состояния дороги. Выявлены факторы, необходимые для решения современной проблемы качества автомобильных дорог в российских условиях.

Ключевые слова: автомобильные дороги, качество, показатели качества, человеческий фактор, безопасность, транспорт, дорожное движение, технологии, государство, федеральный округ.

FACTORS, INFLUENCING THE QUALITY OF ROADS IN RUSSIA

Ivanova Natalia G. – Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of economics and law department of life safety institute
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. The article presents the factors, affecting the quality of roads in Russia. The groups of transport and operational quality indicators, used to assess the condition of the road, are considered. The factors, necessary to solve the modern problem of road quality in Russian conditions, are identified.

Keywords: roads, quality, quality indicators, human factor, safety, state. roads, quality, quality indicators, human factor, safety, transport, traffic, technologies, state, federal district.

В современную информационную эпоху проблема качества уже вышла на национальный уровень, а в условиях формирующегося глобального общества приобретает глобальный характер. Это связано с тем, что решение проблем качества продукции, услуг, производств, организаций, других объектов, созданных человеком, в условиях непредсказуемой ускоренно развивающейся и непрестанно меняющейся рыночной среды, отличающейся наличием глобальных проблем современности, на первый план выдвигает вопросы безопасности. Многоаспектность данного термина раскрывается через виды безопасности, среди которых выделяют экономическую, продовольственную, экологическую, энергетическую, медицинскую, геополитическую, психологическую, личностную и др. [1]. В свою очередь такое разнообразие их видов можно вместить в четыре типа глобальной безопасности: экономическая, социальная, экологическая, политическая, развивавшиеся в указанной последовательности [2].

На микроуровне, безусловно, речь идет о личностной безопасности. Например, не-

укоснительное соблюдение правил дорожного движения на автомобильной дороге, регламентируемой в РФ соответствующим законом [3], не наносит ущерба для жизни и здоровья людей. Поэтому человеческий фактор оказывает серьезное влияние на функционирование автомобильной дороги. Кроме него еще можно выделить другие важные воздействующие внешние факторы (рисунок).

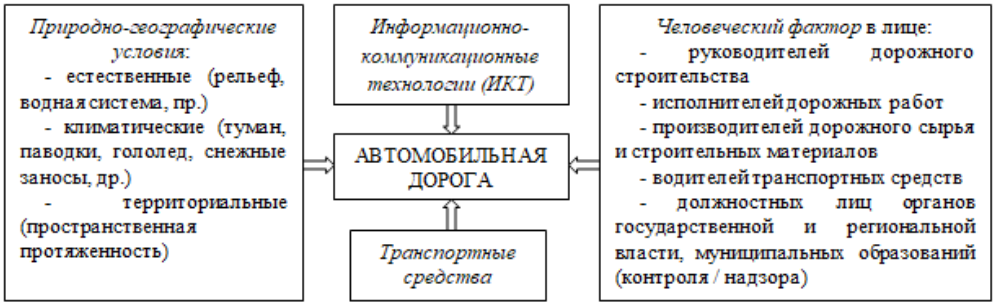


Рисунок – Факторы, воздействующие на работу и состояниеавтомобильной дороги

Если климатические, технологический и человеческий факторы не всегда поддаются прогнозированию, то естественные и территориальные факторы, а также степень воздействия транспортных средств удается учесть при решении проблемы качества автомобильной дороги. Для ее оценки используют следующие группы транспортно-эксплуатационных показателей качества [4]:

1) показатели, характеризующие транспортную работу дороги (интенсивность, объем, состав движения; пропускная и провозная способность дороги; коэффициент загрузки дороги движением; время сообщения и скорость движения);

2) технико-эксплуатационные качества дорожной одежды и земляного полотна (их прочность; ровность и шероховатость дорожного покрытия, его износостойкость; сцепление шины с дорожным покрытием; работоспособность дорожной одежды);

3) общее состояние дороги и условия движения по ней (надежность; проезжаемость; срок службы дороги; относительная аварийность и коэффициент безопасности; обеспечение видимости);

4) эффективность работы дороги (себестоимость перевозок и потери общества от дорожно-транспортных происшествий).

Полученные фактические значения перечисленных показателей качества автомобильной дороги сравнивают с нормативными. В случае наличия отклонения от них требуются соответствующие ремонтные работы, приводящие данные показатели в соответствие с нормами. Это основной метод, используемый для оценки состояния дороги. Другие методы, а также порядок оценки качества содержания автомобильных дорог и виды их дефектов отражены в соответствующей инструкции ВН 10-87 [5].

В частности, по состоянию на начало 2018 года доля протяженности автомобильных дорог общего пользования федерального значения, находящихся в управлении Росавтодора, соответствующих нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям, составила 77,96 % [6]. Особое нарекание водителей транспортных средств вызывают технико-эксплуатационные качества дорожной одежды и земляного полотна, а именно, ямы, колдобины, другие дефекты дороги. Согласно социологическому опросу населения 37 городов России с населением более 500 тыс. человек о состоянии дорожного покрытия, проведенному исследовательским центром портала Superjob.ru 15.11.2018 г., тройка лучших дорог распределилась следующим образом: Тюмень, Набережные Челны, Москва (соответственно 4,25; 3,75 и 3,57 баллов) [7]. Приведенные результаты опроса населения по городам Уральского, Приволжского и Центрального федеральных округов согласуются с данными Федеральной службы государственной статистики по доле качественных автодорог / с твердым покрытием (таблица): три первых места между собой делят Уральский, Южный и Северо-

Западный ФО, далее следуют Сибирский, Приволжский и Центральный ФО.

Таблица – Протяженность автомобильных дорог общего пользования по субъектам РФ (по состоянию на конец 2018 г.) [8]

Наименование субъекта РФ (федерального округа)	Общая протяженность автомобильных дорог, тыс. км / %				Удельный вес автодорог с твердым покрытием в общей протяженности автодорог, %
	Всего	в том числе по значению			
		федерального	регионального или межмуниципального	местного	
1. Дальневосточный	125,71 / 100	9,72 / 7,73	47,41 / 37,71	68,58 / 54,56	66,3
2. Приволжский	351,36 / 100	8,82 / 2,51	96,43 / 27,44	246,11 / 70,05	68,4
3. Северо-Западный	144,24 / 100	7,15 / 4,96	65,25 / 45,24	71,84 / 49,80	72,6
4. Северо-Кавказский	88,26 / 100	2,73 / 3,09	21,44 / 24,29	64,09 / 72,62	78,4
5. Сибирский	223,34 / 100	6,66 / 2,98	83,30 / 37,30	133,38 / 59,72	71,5
6. Уральский	103,20 / 100	3,58 / 3,47	40,13 / 38,88	59,49 / 57,65	74,4
7. Центральный	351,84 / 100	11,05 / 3,14	117,93 / 33,52	222,86 / 63,34	67,3
8. Южный	141,39 / 100	4,62 / 3,27	38,53 / 27,25	98,24 / 69,48	74,3
Итого	1 529,34 / 100	54,33 / 3,55	510,42 / 33,38	964,59 / 63,07	70,4

На основании данных таблицы по федеральным округам (ФО) можно выявить серьезное варьирование долей автодорог по протяженности: федерального значения – с 2,5 до почти 8 %, регионального или межмуниципального – 24-45 %, местного значения – 54-73 %. Очевидно серьезное преобладание дорог местного значения (особенно в Приволжском и Северо-Кавказском ФО с долей более 70 %), зачастую находящихся в плачевном состоянии из-за нехватки финансирования местных органов власти. Отсюда – необходимость в их финансовой поддержке за счет средств федерального бюджета.

Так, во исполнение Указа президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» № 204 от 07.05.2018 разработан национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги», состоящий из 4-х федеральных проектов: «Дорожная сеть», «Общесистемные меры по развитию дорожного хозяйства», «Безопасность дорожного движения» и «Автомобильные дороги Минобороны России». Как раз в рамках первого проекта предполагается привести в нормативное состояние автодороги общего пользования регионального или межмуниципального значения, повысив их долю почти на 8 % за период с 2017 до 2024 года, сократив при этом на 1 % долю дорог федерального и регионального значения, работающих в режиме перегрузки, за аналогичный период [9]. Огромное воздействие на состояние автомобильной дороги оказывают и повсеместно внедряемые информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). Реализуемая при поддержке государства цифровизация в автомобильной отрасли заключается в создании системы умного города. На территории РФ уже действует 20 информационных порталов городского пассажирского транспорта, 1 000 диспетчерских центров, 100 умных остановок, 32 000 безопасных автобусов [10]. Тем самым внедряемые системы автоматического управления движением и разрабатываемые «беспилотные» транспортные средства, другие перспективные технологии позволяют снизить влияние человеческого фактора на автомобильные дороги, увеличивая их надежность, в т. ч. за счет применения новых материалов.

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Перечисленные 4 группы транспортно-эксплуатационных показателей качества автомобильной дороги, включающие транспортную работу дороги, качество дорожной одежды, условия движения по ней и эффективность ее работы, прежде всего учитывают воздействие природно-географических условий и транспортных средств. Можно сказать, при решении проблемы качества автомобильной дороги основной акцент сделан на ее техническое состояние и экономические показатели качества.

2. В современных постоянно усложняющихся условиях развития глобального общества серьезное значение все больше приобретают человеческий фактор, связанный с безопасностью дорожного движения, и старающийся его вытеснить и в недалеком будущем заменить – технологический (ИКТ).

3. Влияние человеческого фактора наглядно демонстрируют данные Ространснадзора, Росавиации и МВД России по аварийности на транспорте. В частности, в 2015 году по срав-

нению с 2010 годом выросла почти в 2 раза и стабильно держится на том же уровне численность пострадавших в ДТП по вине водителей транспортных средств в состоянии алкогольного опьянения (2 тыс. чел. в 2010 г., 4,3 тыс. чел. в 2017 году) [11]. Отсюда следует возрастание присутствия государства в дорожной сфере, правда, в большей степени оно направлено на техническое качество автодорог и федеральное финансирование. Как было показано, автомобильные дороги общего пользования федерального значения (3,55 % всех дорог в табл. 1), находящиеся в управлении Росавтодора, в среднем почти на 8 % имеют более высокие транспортно-эксплуатационные показатели качества по сравнению со всеми видами дорог.

4. В подтверждение предыдущего тезиса и, принимая во внимание вопросы безопасности на фоне незначительного роста числа погибших в ДТП за последние годы, в рамках реализуемого до 2024 года национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» увеличивается роль государства в строительстве качественных дорог регионального или межмуниципального значения (33 % всех дорог в табл. 1). Позже, ожидается, государственный приоритет сместится в сторону местных дорог, на долю которых в среднем по восьми федеральным округам приходится 63 %.

5. Внедрение прогрессивных технологий в области дорожной деятельности благодаря цифровизации и роботизации [12], безусловно, гораздо быстрее и в большей степени улучшит качество автомобильных дорог в РФ. При этом будут повышаться требования к программному обеспечению. Таким образом, снижение влияния человеческого фактора на работу и состояние автомобильных дорог в условиях централизованной системы управления в России позволит обеспечить ей конкурентное преимущество в глобальной экономике.

Список литературы

1. Иванова Н.Г. О проблеме качества в XXI веке // Новая экономическая реальность, кластерные инициативы и развитие промышленности (ИНПРОМ-2016). – СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2016. С. 37-43.

2. Иванова Н.Г. Управление глобальной безопасностью // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXXII. № 4(200). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. С. 38-40.

3. Федеральный закон РФ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в РФ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» № 257-ФЗ от 08.11.2007. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/ (дата обращения 15.10.2019).

4. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник. – М.: Издательский центр «Академия». 2008. – 352 с.

5. Инструкция по оценке качества содержания (состояния) автомобильных дорог. URL: https://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851157.htm (дата обращения 18.10.2019).

6. Итоговый доклад о результатах деятельности Федерального дорожного агентства за 2017 год. URL: http://rosavtodor.ru/about/kollegiya-rosavtodora/itogovye-zasedaniya-kollegii/2018-god/217441 (дата обращения 20.10.2019).

7. Тюмень лидирует по качеству дорог, Москва только на третьем месте. URL: https://www.superjob.ru/research/articles/112146/ (дата обращения 21.10.2019).

8. Общая протяженность автомобильных дорог. URL: http://www.gks.ru (дата обращения 23.10.2019).

9. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги». URL: http://static.government.ru/media/files/ (дата обращения 25.10.2019).

10. Виниченко В.А., Синицын М.Г. Интеллектуальные транспортные системы как драйвер цифровизации транспортной отрасли // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 28-31.

11. Российский статистический ежегодник – 2018. – М.: Росстат, 2018. – 461 с.

12. Иванова Н.Г. Базовые экономические процессы общества в исторической ретроспективе // Энергетика, экология и бизнес: материалы III ежегодной межд. науч.-практ. конф. обучающихся и преподавателей. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД. 2019. С. 105-111.

УДК 656.021.5

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОСКОЛЬЗЯЩИХ ДОРОЖНЫХ МАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПРОДОЛЬНЫХ УКЛОНАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Букатов Дмитрий Сергеевич *– кандидат технических наук, преподаватель кафедры автодорожной службы*

ФГКВОУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева

Аннотация. В работе дана оценка возможности применения противоскользящих дорожных матов для повышения безопасности движения на продольных уклонах автомобильных дорог. Приведены показатели отличающие рассматриваемую полезную модель от существующих способов обеспечения требуемого коэффициента сцепления колес с дорогой.

Ключевые слова: дорога, автомобиль, продольный уклон, гололед, скользкость, коэффициент сцепления с дорогой.

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING ANTI-SLIP ROAD MATS TO IMPROVE TRAFFIC SAFETY ON LONGITUDINAL SLOPES OF ROADS

Bukatov Dmitry S. – Candidate of Technical Sciences, Teacher of Department road service Military Academy of Logistics

Abstract. The paper assesses the possibility of using anti-slip road mats to improve traffic safety on longitudinal slopes of roads. The indicators distinguishing the considered utility model from the existing methods of providing the required coefficient of adhesion of wheels with the road are given.Key word: design, mobility, protection, road, intensity, movement, transport, snow, blizzard.

Keywords: road, car, longitudinal slope, ice, slipperiness, coefficient of adhesion to the road.

Проблема обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта в зимний период эксплуатации не теряет свой актуальности уже на протяжении многих лет. Это объясняется ростом уровня автомобилизации населения, который растет из года в год, а наряду с ним растет и число дорожно-транспортных происшествий (ДТП). По статистическим данным, каждый год в России происходит от 150000 до 200000 аварий, в которых погибает более 30000 человек, и более 200000 человек получают ранения. Общий ущерб, причиняемый нашей экономике, ежегодно оценивается в десятки и даже сотни миллиардов рублей [1].

На вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий влияет множество факторов – состояние дорог, интенсивность движения, освещенность, техническое состояние автомобилей, психологическое состояние водителя, уровень его профессиональной подготовки и множество других. Среди них, однако, важнейшее место занимает состояние дорожного покрытия. Снежные заносы вдоль дороги снижают видимость и могут уменьшать используемую ширину проезжей части. Уменьшение сцепления колеса с дорогой вследствие наличия на ней уплотнённого снега или льда приводит к увеличению тормозного пути, безопасного радиуса поворота в 3-9 раз, а также пробуксовыванию при движении на подъем. Кроме того, наличие колей, выбоин, ямочности и других неровностей на дорогах, покрытых снежным или ледяным накатом, может привести к потере водителем контроля над траекторией движения и управляемостью транспортного средства. По данным ГИБДД РФ около 20 % аварий происходит по причине неблагоприятных дорожных условий и из них более 70 % (15 % от общего числа ДТП) приходятся на заснеженные дорожные покрытия, 5 % на

дорожные покрытия, частично покрытые снегом или льдом и 1 % на покрытия, которые по другим причинам были скользкими. Степень риска попасть в ДТП на полностью или частично покрытом снегом или льдом дорожном покрытии в 1,5 и 4,5 раз выше, чем на чистом сухом покрытии [2].

За последние годы в России и в мире разработано большое количество материалов, технических и технологических решений, использование которых, направлено на решение проблемы обеспечения требуемого коэффициента сцепления колес транспортного средства с дорогой [3]. Смысл этих разработок, в основном, заключается в возвращении покрытию автомобильной дороги состояния предшествующего появлению на нем снежных и льдообразований. К таким методам обеспечения требуемого коэффициента сцепления колес с дорогой можно отнести: применение различных по составу твердых пескосоляных смесей и жидких растворов, подогретых мелкодисперсионных абразивных материалов, обогрев различными способами отдельных участков автомобильных дорог (поверхностей искусственных сооружений), добавление в асфальтобетон при строительстве дороги гидрофобизаторов, а также удаление с поверхности дороги снежных и ледяных отложений с помощью шнекороторных снегоочистителей и различного оборудования для скалывания льда.

Применение таких материалов, технических и технологических решений отличается значительными экономическими и трудозатратами, так как для их эффективного использования необходимо содержать и обслуживать в течении всего календарного года большой штат дорожно-строительной техники, работников дорожно-эксплуатационных служб и баз хранения эксплуатационных материалов [4]. А в то же время, уже затраченные усилия по приведению фактического эксплуатационного состояния автомобильной дороги в соответствие с требуемым уровнем могут быть сведены на нет выпавшим снегом, прошедшим дождем или пониженной температурой. Не стоит забывать и про экологический аспект зимнего содержания автомобильных дорог [5]. Содержание вредных веществ на прилегающих к автомобильной дороге территориях, источниками которых, в том числе, являются мероприятия по удалению снега и льда, превышает все допустимые нормы.

Исходя из вышесказанного, представляется разумным применить новый подход к обеспечению требуемого коэффициента сцепления колес с дорогой, суть которого заключается в поддержании бесперебойного и безопасного движения автотранспортных средств на участках автомобильных дорог со значительными продольными уклонами в том числе и в условиях темного времени суток (недостаточной видимости), зимней скользкости и (или) снегопада с помощью противоскользящих дорожным матов (рисунок).

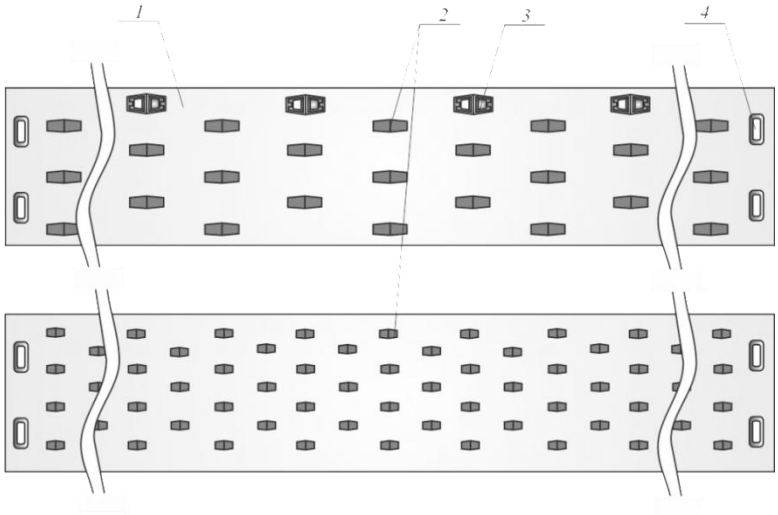


Рисунок – Общий вид противоскользящего дорожного мата

В отличие от применяемых ранее методов, сущность которых заключается в удалении снежных и льдообразований, которые отличаются высокой стоимостью работ и привлечением большого числа дорожно-строительной техники и персонала, применение противоскольз-

зящих дорожных матов, в том числе на участках автомобильных дорог со значительными продольными уклонами, не требует крупных материальных затрат привлечения комплекта техники и специалистов [6].

Образец противоскользящего дорожного мата был разработан на кафедре автодорожной службы Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева и зарегистрирован в качестве полезной модели [7].

Конструкция противоскользящего дорожного мата включает: поз. 1 – полотно; поз. 2 – фрикционная поверхность; поз. 3 – защищенный дорожный световозвращатель; поз. 4 – технологическое отверстие.

Порядок применения противоскользящих дорожных матов состоит в следующем: при буксовании ведущих колес автомобиля в темное время суток, в условиях зимней скользкости и (или) снегопада во время движения по участку дороги со значительным продольным уклоном, противоскользящий дорожный мат выстилают на обледенелую поверхность дороги. Перемещение и выравнивание матов осуществляет автомобиль повышенной проходимости, зацепляя противоскользящий дорожный мат с помощью технологических отверстий, или вручную. Также с помощью технологических отверстий производят фиксацию матов на обледенелой поверхности дороги со значительными продольными уклонами большой протяженности и их соединение между собой. После завершения работ по размещению противоскользящих дорожных матов на поверхности дороги начинается движение автомобилей. Автомобили наезжают на маты, и передвигается по ним до выезда на участок дороги без зимней скользкости. Под весом автомобиля фрикционная поверхность вдавливаются с одной стороны в рабочую поверхность шины, а с другой стороны в лед или скользкий грунт. В пятне контакта колеса с дорожной поверхностью происходит надежная фиксация матов, и колесо перекатывается по ней без проскальзывания относительно дороги. При движении автомобиля в темное время суток, в условиях зимней скользкости и (или) снегопада по противоскользящим дорожным матам свет от фар попадает на защищенный дорожный световозвращатель, и, отражаясь, обеспечивает достаточный уровень визуализации изменения направления трассы дороги в целях бесперебойного и безопасного движения автотранспортных средств.

Как видно, способ применения противоскользящих дорожных матов достаточно прост. При его реализации не требуется особой подготовки обслуживающего персонала, привлечения значительных комплектов дорожно-строительной техники и большого, по трудоемкости, объема подготовительных мероприятий. Кроме того, хранение противоскользящих дорожных матов, а также их обслуживание в межэксплуатационный период, также не будет требовать серьезных материальных затрат для дорожно-эксплуатационных организаций [8]. Материал изготовления матов также не дорогостоящий. В качестве такого материала может применятся резина или поливинилхловид. Эти материалы характеризуются прочностью, устойчивостью к нагрузкам и воздействию влаги, износостойки, рельеф и рисунки на поверхности способствуют лучшему сцеплению. Кроме того, противоскользящие дорожные маты могут иметь решетчатую структуру, чтобы грязь, снег и вода удалялись через ячейки.

Таким образом, применение противоскользящих дорожных матов позволит существенным образом улучшить ситуацию на автомобильных дорогах в зимнее время года, и значительно снизит экономическую зависимость дорожно-эксплуатационных организаций государства от природных катаклизмов.

Список литературы

1. Ермошин Н.А., Лазарев Ю.Г. Многокритериальная оптимизация в задачах транспортного планирования // Технико-технологические проблемы сервиса. – СПб.: СПбГЭУ. 2017. № 1 (39). С. 58-62.

2. Ермошин Н.А., Егошин А.М., Лазарев Ю.Г., Змеев А.Т. Проблемы и методологические аспекты организации дорожной деятельности в интересах военной безопасности государства: монография. – СПб. : ВА МТО, 2017. – 245 с.

3. Ермошин Н.А., Букатов Д.С. Обоснование применения сборно-разборных снегозащитных конструкций в районах чрезвычайных ситуаций // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб: ИПТ РАН. С. 211-214.

4. Скрипка А.В., Борисова В.А., Королев А.А. Дорожное покрытие из полимерных пластических материалов в Российской Федерации. анализ проблемы конструирования // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб: ИПТ РАН. 2018. С. 320-324.

5. Михов О.М., Шаталова Н.В. Развитие транспортной отрасли. стратегический подход // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб: ИПТ РАН. 2018. С. 352-358.

6. Таранцев А.А., Лосев М.А. Проблемы безопасности транспортной системы в арктической зоне и пути их решения с помощью разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб: ИПТ РАН. 2018. С. 191-194.

7. Букатов Д.С. Противоскользящий дорожный мат // Патент России № 180484. 2018. Бюл. № 17.

8. Абанин С.Г., Железнов М.М., Кузнецов М.В. Обеспечение безопасности и организация эффективной системы выявления зон риска в транспортном комплексе // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб: ИПТ РАН. 2018. С. 21-24.

УДК 357.3

ПРИМЕНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПОЛНОПОВОРОТНОГО ПНЕВМОКОЛЕСНОГО ЭКСКАВАТОРА НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Донцов Иван Павлович *– кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник 25 Научно-исследовательского отдела*

Ласточкин Николай Николаевич *– кандидат военных наук, заместитель начальника 25 Научно-исследовательского отдела*

Рахимов Илья Владимирович *– оператор научной роты (НИИ ВСИ МТО ВС РФ)*

Научно-исследовательский институт (ВСИ МТО ВС РФ)

ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. В статье обоснована целесообразность применения универсального полноповоротного пневмоколесного экскаватора на комбинированном ходу со съемным рабочим оборудованием при восстановлении железных дорог. Предложен новый вид съёмного рабочего оборудования – блок для поиска мин и невзорвавшихся боеприпасов.

Ключевые слова: восстановление железных дорог, экскаватор на комбинированном ходу, разминирование, поиск мин и невзорвавшихся боеприпасов.

APPLICATION OF THE UNIVERSAL FULL-TURN PNEUMATIC EXCAVATOR AT THE COMBINED STROKE FOR RESTORATION OF RAILWAYS

Dontsov Ivan P. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the 25th Research Department

Lastochkin Nikolay N. – Candidate of Military Sciences, Deputy Head of the 25th Research Department

Rakhimov Ilya V. – operator of a Scientific Department (Scientific Research Institute of All-Russian Transport Forces, Armed Forces of the Russian Federation

Scientific Research Institute (All-Russian Special-Purpose Logistics)

Military Academy of Logistics

Abstract. The article substantiates the feasibility of using a universal full-circle pneumatic wheel excavator on a combined course with removable working equipment when restoring railways. A new type of removable working equipment is proposed – a unit for searching mines and unexploded ordnance.

Keywords: restoration of railways, excavator on a combined course, clearance, search for mines and unexploded ordnance.

Железнодорожный транспорт является основным видом транспорта Российской Федерации. На его долю приходится более 80% грузовых и около 40 % пассажирских объемов перевозок. Общая протяженность железных дорог в Российской Федерации составляет около 86000 км**.** Железнодорожный транспорт и в военное время составляет основу транспортного обеспечения стратегической перегруппировки войск, а также своевременного осуществления снабженческих и эвакуационных перевозок.

Важнейшие объекты транспортной инфраструктуры могут разрушаться противником нанесением целенаправленных ударов высокоточным и другими видами оружия для срыва перевозок, что на практике подтверждается рядом вооруженных конфликтов и военных операций последнего времени. Поэтому минимизация сроков восстановления прерванного движения поездов на железнодорожных участках является весьма актуальной задачей, возлагаемой на восстановительные организации ОАО «РЖД» и другие структуры, а также на Железнодорожные войска [1].

Для ведения восстановительных работ в строительно – восстановительных организациях ОАО «РЖД», а также в воинских частях Железнодорожных войск применяются различные по своему предназначению виды техники: автомобильная техника, техника для производства земляных, путевых, мостовых работ, грузоподъёмная техника и другие виды машин и механизмов [2]. Каждая из представленных видов машин выполняет определенную технологическую операцию и работает, как правило, в комплексе с другими машинами при восстановлении железнодорожного объекта. Этот подход является вполне оправданным при выполнении больших объемов сосредоточенных работ, например при строительстве обходов железнодорожных объектов, восстановление которых по старой оси невозможно по различным причинам [2-4].

В современных условиях, вполне вероятно, противник будет задействовать не только высокоточное оружие, но и активно использовать силы специальных операций, с задачей вывода из строя неохраняемых объектов инфраструктуры железных дорог. При этом объёмы разрушений будут незначительными, но рассредоточенными на значительные расстояния. В таких случаях возникает необходимость создания мобильных подразделений (команд), оснащённых минимальным количеством универсальной техники и способных выполнять весь комплекс восстановительных работ самостоятельно, в отрыве от основных сил [4-5]. Такая же ситуация характерна и для чрезвычайных ситуаций, происходящих на железных дорогах.

Решение данного вопроса целесообразно за счет сокращения различных видов техники путем совмещения нескольких функций в одной машине [6]. Такой опыт имеется, как за рубежом, так и на отечественных железных дорогах, в незначительном количестве. На наш взгляд наиболее подходящей машиной для этих целей может служить универсальный полноповоротный пневмоколесный экскаватор на комбинированном ходу, представленный на рисунке. Его универсальность заключается в возможности смены рабочего оборудования различного назначения с помощью гидравлического адаптера.

Рисунок – Универсальный полноповоротный пневмоколесный экскаватор на комбинированном ходу

В настоящее время промышленностью разработаны следующие виды съёмных устройств [5-6]:

– грейфер (предназначен для захвата и перемещения рельсов и шпал);

– гидромолот (предназначен для рыхления мерзлого грунта, дробление твердых и мерзлых пород, взламывания дорожных покрытий и бетонных сооружений);

– гидроножницы (предназначены для дробления рельсов при разборке железнодорожного пути);

– буровой колокол (предназначен для устройства котлованов под опоры);

– агрегат очистки балласта (предназначен для очистки железнодорожного пути от излишков балласта);

– агрегат замены шпал (предназначен для вырезки балласта, его погрузки, а также замене шпал);

– агрегат укладки шпал (предназначен для раскладки шпал в соответствии с заданной эпюрой);

– агрегат подбивки шпал (предназначен для выправки пути и подбивки шпал);

– ковши различного назначения (предназначены для разработки и погрузки грунта);

– виброплита (предназначена для послойного уплотнения земляного полотна).

В качестве базовой машины целесообразно использовать гидравлические полноповоротные экскаваторы отечественного производства Тверского экскаваторного завода, Уралвагонзавод, с оборудованием их комбинированным ходом. В соответствии с технологией производства работ по строительству и восстановлению верхнего строения пути предварительно проводится разминирование железнодорожного участка. Для поиска мин, невзорвавшихся боеприпасов и взрывчатых веществ используются устройства, основанные на различных методах действия: газоаналитический, индукционный и нелинейно-радиолокационный. Как показывает практика, недостатком всех перечисленных выше устройств является то, что каждый из них в отдельности, надежно и эффективно работает только при определенных условиях. Устройства, использующие газоаналитический способ в закрытом пространстве – при отсутствии веществ, излучающих сильные запахи; индукционные – при наличии металлической оболочки на взрывоопасном предмете; радиоволновые по отраженному сигналу и по нелинейной радиолокации – при отсутствии помех. Поэтому предлагается использовать съемный блок, состоящий из корпуса, внутри которого располагаются три вида устройств, работающих по газоаналитическому, индукционному и нелинейно-радиолокационному методам поиска взрывоопасных предметов. Эта конструкция позволит увеличить вероятность обнаружения различных типов взрывоопасных предметов.

Принцип работы предлагаемого съёмного блока заключается в следующем. При обследовании верхнего строения пути информация о наличии или отсутствии взрывоопасных предметов посылается через кабели, проложенные по рукояти и стреле экскаватора, на устройства обработки и вывода информации в виде звуковых и световых сигналов, находящихся в кабине управления экскаватора. Если поступили сигналы от датчиков о наличии нелинейных полупроводниковых элементов, содержащихся в радиоэлектронных устройствах, включается источник электромагнитных помех, после чего в точке возможного нахождения взрывоопасных предметов производится обследование с использованием всех имеющихся способов. Колпак, с установленным газоанализатором прижимают к месту вероятного нахождения невзорвавшегося боеприпаса или взрывчатого предмета на железнодорожном полотне для плотного контакта. Газоанализатор производит анализ воздуха на наличие паров взрывчатых веществ. Прибор нелинейной радиолокации определяет местоположение взрывоопасных устройств с электронными взрывателями и взрывателями, управляемыми по радиоканалу. Оборудование индукционного сканирования определяет наличие в железнодорожном полотне металлических деталей мин. В соответствии с уточненными данными, в зависимости от результатов, специалистами-минерами производится разминирование, подрыв или обозначение места нахождения взрывоопасного предмета, либо дальнейшее движение по железнодорожному пути. Универсальный полноповоротный пневмоколесный экскаватор на комбинированном ходу может применяться как в строительно – восстановительных организациях ОАО «РЖД», так и в отдельных путевых и восстановительных железнодорожных батальонах Железнодорожных войск [7,8]. Это позволит сократить затраты ресурсов и сроки ведения восстановительных работ и обеспечить их безопасность.

Список литературы

1. Дрещинский В.А., Левин М.А., Ласточкин Н.Н. Проблемы безопасности и защиты объектов инфраструктуры железных дорог от воздействия террористических группировок // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2015. С. 52-56.

2. Донцов И.П., Шаповалов Ю.А. Этапы совершенствования технической оснащённости и направления развития специальной техники Железнодорожных войск // материалы Межвузовской научно-практической конференции. – Петергоф: ВИ ЖДВ и ВОСО. 2015. С. 86-93.

3. Ласточкин Н.Н., Донцов И.П. Направления инновационной деятельности по дальнейшему развитию и строительству Железнодорожных войск // Материалы межвузовской научно-технической конференции. – Петергоф: ВИ ЖДВ и ВОСО. 2016. С. 43-48.

4. Ласточкин Н.Н., Донцов И.П. Совершенствование технологии выполнения земляных работ на основе инновационного подхода // Сборник научных статей. – СПб.: НИИ ВСИ МТО ВС РФ. 2016. С. 153-157.

5. Донцов И.П. Направления совершенствования технического оснащения Железнодорожных войск в современных условиях // Сборник научных статей. – СПб.: ВИ ЖДВ и ВОСО. 2017. С. 212-219.

6. Донцов И.П., Петров А.Г. Применение специальной техники Железнодорожных войск при восстановлении железных дорог // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 117-121.

7. Донцов И.П., Миронович О.М., Сергеев А.А. Опыт эксплуатации и ремонта техники в воинских частях Железнодорожных войск при строительстве Байкало-Амурской магистрали // Сборник трудов научно-технического семинара (24 мая 2019 г., г. Санкт-Петербург). Киров. 2019. С. 7-11.

8. Завальнюк С.И., Рыбицкий В.А., Донцов И.П., Левин М.А., Алтынов Д.С. Использование наплавного моста МЛЖ-ВФ-ВТ при ликвидации последствий кризисных ситуаций: монография // Электронный текстовые данные (49,5 Мб). – Киров: МЦИТО. 2019. С. 374-380.

УДК 355.4

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СТРОИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И КОНСТРУКЦИЯМИ

Шувалов Денис Владимирович *– кандидат технических наук, докторант*
ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. В статье раскрываются проблемы, возникающие при организации восстановления прерванного движения поездов. Подчёркивается, что одним из ключевых факторов, влияющих на сроки восстановления, является время доставки восстановительным организациям строительно-восстановительных материалов и конструкций. Автором сформированы основные направления повышения оперативности обеспечения строительно-восстановительными материалами и конструкциями восстановительных работ на сети железных дорог.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, железная дорога, объект, строительно-восстановительные материалы, конструкции, восстановление, чрезвычайная ситуация, организация.

WAYS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF PROVIDING RESTORATION WORKS ON A NETWORK OF THE RAILWAYS WITH CONSTRUCTION AND RESTORATION MATERIALS AND DESIGNS

Shuvalov Denis V. – Candidate of Technical Sciences, Doctoral Candidate
Military Academy of logistics

Abstract. The article reveals the problems arising in the organization of restoration of interrupted train traffic. It is emphasized that the key factor affecting the recovery time is the time of delivery to the recovery organizations of construction materials and structures. The author formed the main directions of increasing the efficiency of providing construction and restoration materials and structures of objects of restoration work on the railway network.

Keywords: Railway transport, railway, object, construction and restoration materials, structures, restoration, emergency, organization.

Несмотря ряд проблем, которые в настоящее время не нашли окончательного решения [1-3], очевидно, что успешное развитие всех сфер деятельности государства в современных условиях возможно при условии исправного и полноценного функционирования транспортной системы. Способность удовлетворять потребности в пассажирских и грузовых перевозках является важнейшей оценкой функционирования транспортной системы государства. При этом, географическое положение, а также климатические условия, как правило, предопределяют приоритетность развития тех или иных видов транспорта.

Не секрет, что Российская Федерация, располагаясь в регионе с суровыми климатическими условиями, испытывает значительную потребность в перевозках [4-6]. Естественно, что существующая потребность предопределила развитие транспортной системы государства, особенно всепогодных её видов. При этом наиболее эффективным, сравнительно недорогим и из всех видов наименее подверженным воздействию погодных и климатических условий является железнодорожный транспорт [7]. Именно по железным дорогам осуществляется перевозка наибольшей части востребованных грузов по всей стране, с западной её части, в восточную и обратно. Как известно, становление капиталистических отношений в ряде государств предопределило быстрое развитие экономики, повлекшее резко возрастающую по-

требность в перевозках. Этот факт обусловил прогрессивное расширение железнодорожной сети, которое не могло не коснуться России. В Российском государстве интерес к железным дорогам стал серьёзно проявляться уже в начале XIX века. При этом со второй половины этого же века происходило активное формирование сети железных дорог, что подтверждает её важное как экономическое, так и политическое значение.

В годы Великой Отечественной войны руководство вооружёнными силами обеих сторон быстро осознало военную значимость железных дорог, что подтверждается катастрофическими разрушениями инфраструктуры железнодорожного транспорта, состояние которого и объём на довоенное состояние были выведены лишь к 1950 году.

В настоящее время на территории Российской Федерации прокладываются железнодорожные магистрали по территориям полярного Урала. Вместе с тем открываются межрегиональные скоростные железнодорожные сообщения. Осуществляется постройка новых и реконструкция существующих вокзалов, тоннелей, мостов и других искусственных сооружений. Уже к 2020 году планируется ввести в постоянную эксплуатацию более двадцати тысяч км новых железных дорог, электрифицировать более семи тысяч. При этом ежегодный объём перевозок железнодорожным транспортом исчисляется миллионами тонн, что подтверждается официальными данными [8] на рисунке 1.

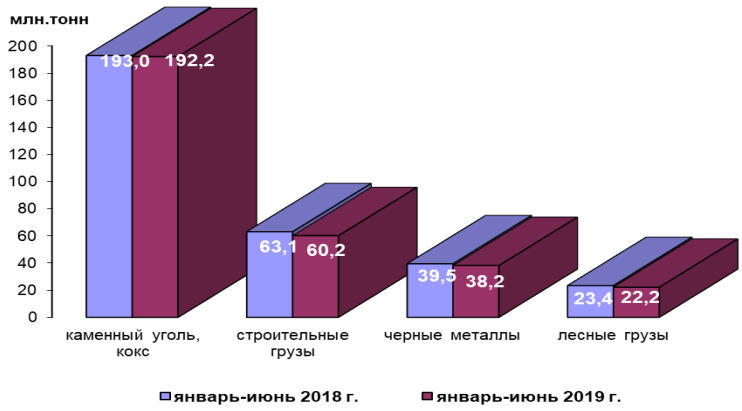


Рисунок 1 – Динамика перевозок отдельных видов грузов железнодорожным транспортом в январе – июне 2018 и в январе – июне 2019 годов

Таким образом, необходимо подчеркнуть, что железнодорожный транспорт является неотъемлемым элементом производственных сил государства, играя тем самым, одну из ключевых ролей в экономике страны. При этом, что важно, фактор наличия и функционирования железных дорог оказывает непосредственное влияние на территориальное размещение производства. Вместе с тем обустройство региона (территории) сетью железных дорог является основной причиной привлечения рабочей силы и производства в регион. Таким образом, дальнейшее развитие железнодорожного транспорта нацелено, в том числе, на обеспечение потребностей в транспортной услуге производства, хозяйства и населения государства. Более того, доступность пассажирских перевозок по железным дорогам является требуемым условием обеспечения как мобильности, так и свободы передвижения граждан.

Перебои по различным причинам в функционировании железнодорожного транспорта практически всегда приводят к срыву государственных и частных планов на выполнение перевозок, приостановке деятельности предприятий и организаций, отвлечению соответствующих органов управления и структур на организацию устранения перебоев в функционировании, а также к финансовым затратам на восстановление прерванного движения поездов. Достаточно отметить тот факт, что, например, в 2011 году обрушенный вследствие паводка железнодорожный мост через реку Абакан в Хакасии создал ощутимые трудности для функционирования Саяногорского алюминиевого комбината, и прервал постоянное транспортное сообщение Саяно-Шушенской ГЭС, а при крушении поезда «Невский экспресс» в 2009 году

были временно приостановлены железнодорожные перевозки между Санкт-Петербургом и Москвой.

В военное время последствия нарушения функционирования железнодорожного транспорта могут быть намного серьёзнее [4,6]. Сейчас уже практически не подвергается сомнению тезис о том, что железные дороги играют важную роль в обеспечении обороноспособности государства [4]. При этом перерыв в движении воинских поездов, вызванный намеренными действиями противника, неминуемо в конечном итоге приведёт к срыву или, как минимум, к вынужденной корректировке планов и мероприятий по обороне государства [6].

В итоге становится совершенно очевидным факт того, что железные дороги, являясь устойчивыми к природно-климатическим факторам, и, в тоже время, достаточно уязвимыми к ряду других факторов, требуют заблаговременной подготовки к восстановлению прерванного движения поездов.

Существующие в настоящее время подходы к организации восстановления прерванного железнодорожного сообщения основываются на содержании в готовности соответствующих сил и средств. При этом восстановительные силы и средства, как правило, сосредоточены в определённых местах – на крупных узловых станциях, или в других пунктах, позволяющих разместить органы управления и соответствующие структурные подразделения и организовать длительное хранение строительно-восстановительных материалов и конструкций, а также техники и другого имущества.

Инфраструктура железнодорожного транспорта представляет собой комплекс сложных инженерных объектов, созданных в результате капитального строительства с применением технологий, а также строительных материалов и конструкций, позволяющих осуществлять эксплуатацию этих объектов при любых погодных условиях, в течение нескольких десятилетий [7]. Не трудно догадаться, что при капитальном строительстве железных дорог применяемые строительные материалы и конструкции будут иметь достаточный запас прочности. При этом, как правило, заложенный запас прочности отражается на габаритах, массе, размерах. Необходимо подчеркнуть, что, например, масса одного звена рельсо-шпальной решётки может достигать 8-10 тонн, а масса одной опоры контактной сети – до трёх тонн. При этом транспортировка этих элементов целесообразна по железной дороге и сопровождается выполнением погрузо-выгрузочных работ с применением грузоподъёмных машин и соответствующего персонала. Новое строительство в плановом порядке требует реализации большого количества материальных средств, потребность которых и их вид ожидаемы, а источники строительных материалов и конструкций известны, затраты времени на транспортировку учтены в проектах. Противоположной ситуацией является неплановая и оперативная потребность в строительно-восстановительных материалах и конструкциях, вызванная возникновением чрезвычайной ситуации на сети железных дорог. Ввиду этого прибытие к местам аварии восстановительных сил затрудняется необходимостью перевозки большого количества строительно-восстановительных материалов и конструкций. Вместе с тем затраты времени на погрузку, доставку и выгрузку необходимых строительно-восстановительных материалов и конструкций оказывают существенное влияние на сроки восстановления движения поездов. При этом существующие подходы к размещению запасов строительно-восстановительных материалов и конструкций не в полной мере позволяют добиться оперативности восстановительных работ: $l_{\text{зап}} \rightarrow min,$ км, где $l_{\text{зап}}$ – расстояние размещения запасов строительно-восстановительных материалов и конструкций от соответствующих объектов железнодорожного транспорта, км.

Анализ выполнения восстановительных работ на сети железных дорог восстановительными организациями (ОАО «РЖД», Железнодорожных войск) показывает, что источники строительно-восстановительных материалов и конструкций для восстановления функционирования объектов размещаются на достаточном удалении от мест выполнения восстановительных работ или находятся на восстановительных поездах. Таким образом, имеет место быть противоречие между необходимостью в оперативном восстановлении объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и трудностями в своевременной доставке требуемого количества строительно-восстановительных материалов и конструкций.

Неоспоримо, что направлениями повышения эффективности обеспечения строительно-восстановительными материалами и конструкциями при восстановлении прерванного движения поездов могут выступать прогнозирование вероятности времени и места возникновения перерыва в движении поездов вследствие возникновения чрезвычайных ситуаций, разработка и применение новых строительно-восстановительных материалов и конструкций, позволяющих сокращать время их доставки к объектам восстановительных работ и другие направления. Перспективным направлением может стать внедрение нового подхода, укрупнённо раскрытого на рисунке 2, при котором будет реализовано значительное сокращение расстояния от мест хранения строительно-восстановительных материалов и конструкций до мест вероятного возникновения нарушения функционирования железнодорожных объектов.

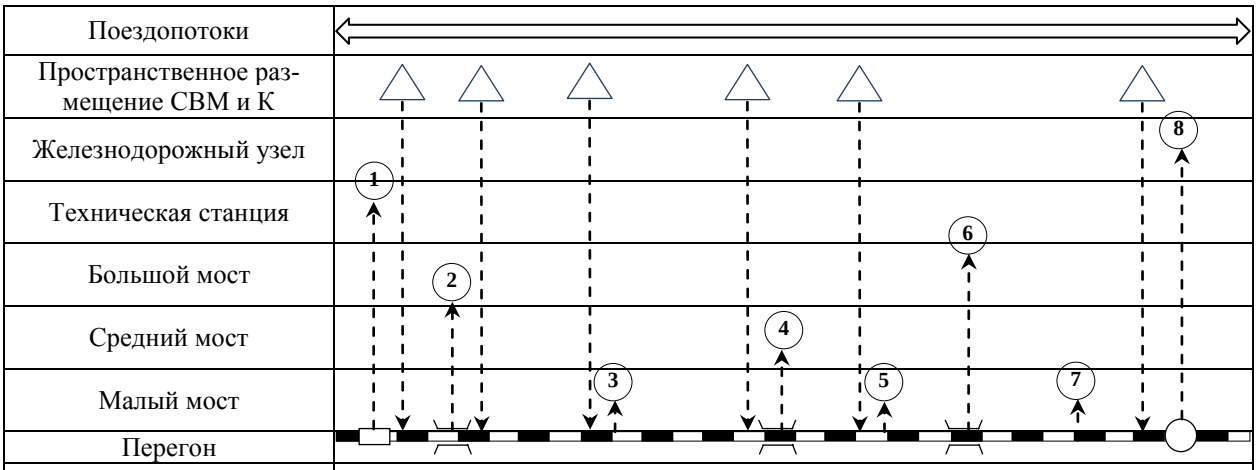


Схема железнодорожного участка									
Расстояние		l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8
Вероятности разрушения объектов		p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8
Виды строительно-восстановительных материалов и конструкций и их потребность	m	V_1	V_3	V_5	V_7	V_9	V_{11}	V_{13}	V_{15}
	n	V_2		V_6		V_{10}		V_{14}	V_{16}
	c		V_4		V_8		V_{12}		V_{17}

Рисунок 2 – Структурно-функциональная модель потребности и размещения запасов строительно-восстановительных материалов и конструкций на участке железной дороги (вариант)

Несомненно, в дальнейшем потребует решения вопрос о порядке и способах хранения строительно-восстановительных материалов и конструкций вблизи объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Однако этот вопрос будет являться всего лишь технической стороной предлагаемого подхода.

Список литературы

1. Шувалова М.А. Теоретические проблемы защиты прав и законных интересов несовершеннолетних в уголовном судопроизводстве // Право и государство: история и современность, перспективы развития: материалы I Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 277-282.

2. Грибанова М.А. Национальная безопасность России: проблемы и пути решения воспрепятствованию совершения действий экстремистского характера // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 9-10 (87-88). С. 3-6.

3. Шувалова М.А. Исторические аспекты развития процессуальных гарантий обеспечения прав несовершеннолетних участников уголовного судопроизводства // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. 2017. Т. 11, № 6. С. 132-137.

4. Шувалов Д.В. Роль железнодорожного транспорта в защите государства от внешних угроз. // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 92-95.

5. Шувалов Д.В., Фискевич А.С. Планирование применения техники длительного хранения как основа успешного выполнения задач обеспечения государственной безопасности // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 7-8 (85-86). С. 70-75.

6. Махонько В.П., Павленко Д.А., Бушмин О.И. Анализ существующих подходов к организации эксплуатационной работы железных дорог в условиях перерывов в движении поездов при выполнении воинских перевозок в современных условиях // Вестник военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва. 2015. № 4. С. 28-33.

7. Чернышёв М.А. Железнодорожный путь: учебник для техникумов железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт. 1979. – 352 с.

8. Транспорт России. Январь – июнь 2019 года. URL: https://www.mintrans.ru/ministry/results/180/documents (дата обращения 30.10.2019).

УДК 73.29.01

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Ломов Валерий Алексеевич *– кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)*

Сергеев Аркадий Анатольевич *– кандидат военных наук, доцент, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)*

ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. в статье предлагается оснащение мобильных групп для повышения эффективности обследования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: мобильный комплекс, обследование железных дорог, комбинированный ход, транспортные средства, беспилотный летающий аппарат.

EXAMINATION OF RAILWAYS IN SPECIAL CONDITIONS

Lomov Valery Al. – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at Research Institute (military system studies of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)

Sergeev Arkady An. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of The research Institute (military system research of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation)

Military Academy of logistics

Abstract. The article proposes equipping mobile groups to improve the efficiency of inspection of railway infrastructure.

Keywords: mobile complex, survey of railways, combined course, vehicles, unmanned aerial vehicle.

При техногенных катастрофах, стихийных бедствиях, а также вооруженных конфликтах, оказывающих непосредственное влияние на инфраструктуру железнодорожного транспорта, важное значение при проведении обследования железных дорог имеет оперативное получение данных об истинном состоянии объектов [1].

Повышение эффективности обследования с целью своевременного выявления опасных мест, разрушений и сокращения возможных перерывов в движении поездов возможно при применениb беспилотных летательных аппаратов (БЛА) совместно с мобильными наземными группами [2].

Основные задачи, которые могут быть возложены на такой мобильный комплекс, следующие [3]:

– оперативный контроль технического состояния порученного железнодорожного направления (участка) в режиме реального времени;

– выявление разрушенных и поврежденных объектов в результате стихийных или техногенных событий;

– общая оценка характера и объемов разрушений объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта;

– ликвидация мелких разрушений.

Дополнительно БЛА может использоваться для контроля хода работ на восстанавливаемых объектах.

В составе технических средств для проведения обследования предлагается иметь беспилотные летательные аппараты двух видов: самолетного типа, как, например, «Тахион»», имеющийся в настоящее время в Железнодорожных войсках, для обследования объектов линейного типа, и квадрокоптеры для детального осмотра сооружений [4,5].

В качестве средств передвижения можно использовать автомобили УАЗ-3163 «Патриот» и грузовой автомобиль УРАЛ-4320 или КАМАЗ-5350 [6]. Оба автомобиля повышенной проходимости необходимо оборудовать комбинированным ходом, что позволит беспрепятственно перемещаться не только по дорогам общего пользования и пересеченной местности, но по железной дороге.

Автомобиль УАЗ-«Патриот» предлагается использовать в качестве транспортного средства и стартовой площадки для БЛА в целях более эффективного его применения [7]. Для запуска беспилотного летательного аппарата на крыше автомобиля УАЗ-«Патриот» устанавливается стартовая платформа на которую монтируется пневмоцилиндр, используемый для запуска БЛА (рисунок 1).

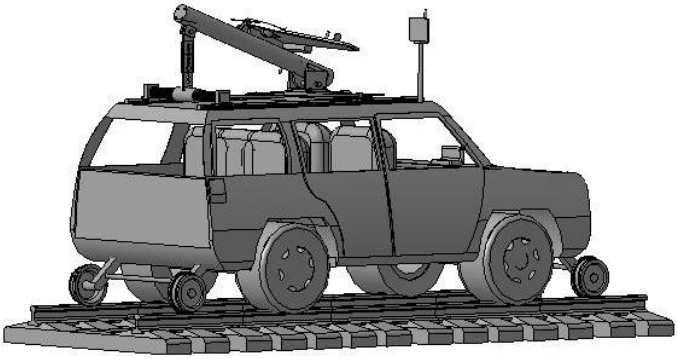


Рисунок 1 – Автомобиль УАЗ-3163 «Патриот», оборудованный комбинированным ходом и платформой для запуска БЛА

Это сокращает время готовности к запуску и увеличивает полезное время работы. В кабине автомобиля монтируется аппаратура управления БЛА и технические средства пере-

дачи данных. Управление БЛА может производиться оператором, или он работает в автоматическом режиме. Основной вариант передачи данных о состоянии объектов – в режиме реального времени с борта беспилотного аппарата на станцию.

В комплектации грузового автомобиля предусматривается двухрядная кабина для личного состава, предназначенного для детального обследования и уточнения данных, полученных с БЛА. Вариант технического оснащения данного личного состава представлен в таблице [3]. При необходимости они могут ликвидировать мелкие повреждения инфраструктуры железной дороги. Кузов автомобиля оборудован телескопическим манипулятором грузоподъемностью от 500 кг и предназначен для перевозки оборудования, инструмента и материалов.

Конструкция комбинированного хода (рисунок 2), которым предлагается оборудовать автомобили, представлена в полезной модели (патент № 192591) [8].

Таблица – Вариант оснащения наземной группы

№ п/п	Наименование	Ед. изм	Количество	Примечание
1.	Миноискатели: ММП NR-900 ЕК «Коршун» «Абрис»	шт. шт. шт.	3 3 1	индукционный и радиоволновой индукционный, нелинейная радиолокация трассопоисковый
2.	Шупы	шт.	4	
3.	Фотокамера	шт.	3	типа Зенит – N1(группа пути, СЦБ связи и энегоснабжения)
4.	Нетбук (планшет)	шт.	4	Начальник команды и в каждой группе
5.	Дальномер	шт.	2	Типа ЗУБР ДЛ-200
6.	Лента мерная	шт.	2	L=25м, L=5м
7.	Мультиметр	шт.	3	типа В7-63
8.	Мегаомметр	шт.	2	типа Е6-24/1 или MIG-1
9.	Шаблон путевой	шт.	1	
10.	Бинокль с дальномерной сеткой	шт.	1	Командир, группа охраны
11.	Ренгенометр	комп.	1	Приборы радиационной и химической разведки
12.	ВПХР	комп.	1	
13.	Прибор ночного видения	шт	1	Командир, группа охраны
14.	Фонарь электрический	шт.	8	Визуальный осмотр
15.	Шанцевый инструмент	комп.	3	Лопата, топор, пила
16.	Радиостанции	Шт.	4	Типа Р-168-5КН -1шт, типа Р-168-0.5 УКН-3шт

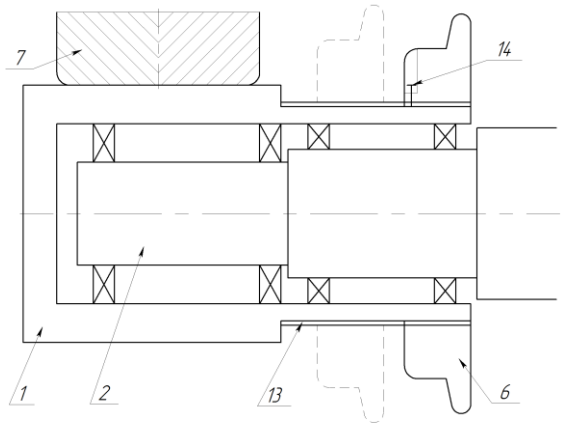


Рисунок 2 – Конструкция опорного ролика со шлицевым соединением
1 – опорный ролик; 2 – ось вращения железнодорожных катков; 6 – железнодорожные катки; 7 – пневмоколеса транспортного средства; 13 – шлицевое соединение; 14 – фиксирующий болт

Основной конструктивной особенностью, отличающей его от существующих видов комбинированного хода, это передача крутящего момента от опорных роликов к железнодорожным каткам с помощью шлицевого соединения, что позволяет изменять железнодорожную колею комбинированного хода транспортного средства под существующий путь (рисунок 2), а также вывешивать железнодорожные катки и разгружать гидроцилиндры гидропривода комбинированного хода в транспортном положении.

Список литературы

1. Сергеев А.А., Рыбицкий В.А., Завальнюк С.И., Ломов В.А., Ложкин В.Н., Уголков С.В. Методика определения численности и технического оснащения воинских формирований Железнодорожных войск при возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта: монография. – Киров: МЦИТО, 2018. С. 275.

2. Завальнюк С.И., Рыбицкий В.А. Организация и способы ведения технической разведки железных дорог в ходе операций (действий) кризисного реагирования // Межведомственная научно-теоретическая конференция. – СПб.: ВА МТО. 2017. С. 77-81.

3. Состав и оснащение групп разведки объектов и сооружений на железных дорогах // Сборник трудов научно-технического семинара «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области строительства и восстановления железных дорог: проектирование, строительство, эксплуатация». – Киров: МЦИТО, 2019. С. 52-56.

4. Применение мобильных средств для развития железных дорог // Научно-технический сборник. – Петергоф: ВИ ЖДВ и ВОСО. 2018. Ч. 2, № 36. С. 28-34.

5. Жирнов Д.И., Скрыльников А.В., Тимощук Е.С., Сергеев А.А. Техника на комбинированном ходу для производства строительно-восстановительных работ. – Петергоф: ВИ ЖДВ и ВОСО. 2018. С. 51-54.

6. Скрыльников А.В., Орлов О.М., Евсин В.В. Состояние и перспективы развития техники для строительства, текущего содержания и ремонта железнодорожного пути России в XXI веке: монография. – СПБ: ВТУ ЖДВ, 2005. – 175 с.

7. Устройства для запуска летательного аппарата (патенты: № RU 2466909 C2; №2497725; № RU 2344971 C1).

8. Транспортное средство для передвижения по автомобильным и железным дорогам (патент № RU 192591).

УДК 62-23

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМЫ КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА СИСТЕМ ПРИВОДОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Широухов Александр Валерьевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры механики и инженерной графики*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В работе рассмотрены принципы, позволяющие на этапе проектной и предпроектной работы провести всестороннюю количественную оценки качества проектируемых систем механических приводов через комплекс показателей – критериев качества.

Ключевые слова: механический привод, сложная техническая система, структурный и параметрический синтез, критерий качества.

THE MATHEMATICAL FORM OF THE CRITERION QUALITY OF DRIVE SYSTEMS AND MACHINE PARTS

Shiroukhov Alexander V. – Ph.D., Associate Professor of Mechanics and Engineering graphics

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Abstract. In work considers the principles of design and pre-design work to conduct a comprehensive quantitative assessment of the quality of the projected mechanical drive through a set of indicators - quality criteria.

Keywords: mechanical drive, complex technical system, structural and parametric synthesis, quality criterion.

В связи с тем, что качество проектируемой техники и механических приводов, как их неотъемлемой составляющей, обычно определяется различными свойствами, оценивать их приходится по нескольким критериям.

Подобными критериями могут служить различные показатели качества, а также функции или функционалы, зависящие от параметров образцов, их выходных процессов. При этом критерии должны отражать информацию о степени выполнения требований технического задания в разрабатываемой конструкции.

Одним из требований, предъявляемых к критериям является их простота с точки зрения математического описания, возможность вычисления с минимальной дисперсией, чувствительность к малым изменениям характеристик, кроме того, выбранные критерии, как правило, должны быть формулизованными, т.е. должны быть получены математические зависимости или модели, разработаны соответствующие алгоритмы, позволяющие определять численные значения критериев.

Выбор и основание математической формы критериев качества является весьма важным этапом решения задач оптимизации механического привода. Математические формы выбираемых критериев должны соответствовать физико-технической природе свойств или группы свойств механизма, которые они количественно оценивают, а также отвечать требованиям, предъявляемым к критериям. Кроме того, не математические формы критериев качества оказывает существенное влияние тот факт, что они, как правило, представляют собой случайные величины или функции. Это связано с тем, что внешние воздействия (возмущения), а в ряде случаев и параметры машины в целом, от которых зависят критерии, в реальных условиях эксплуатации являются случайными. Решение задачи проектирования привода при случайных формах критериев возможно на основе методов стохастической оптимизации. Однако, эти методы весьма трудоемки и не имеют строгого теоретического обоснования того, что они дают оптимальное решение задач структурного и параметрического синтеза привода как механической систем, при этом осуществляется переход от случайных форм критериев к детерминистическим формам, представляющим собой различные оценки их вероятных характеристик.

На практике часто используются вероятностные формы критериев в частности критерий:

$$K = P(A), \tag{1}$$

представляющий собой вероятность того, что в результате решения какой-либо задачи произойдет событие А. В качестве критерия может быть принята вероятность того, что операция, выполняемая механической системой, будет закончена за время, не превышающее заданную величину $t_з$:

$$K = p(A/t) \text{ при } t \le t_з, \tag{2}$$

Для оценки свойств системы, заключающихся в том, что в течение заданного времени ее параметры u_j не выйдут на верхний $u_{j\,max}$ и нижний $u_{j\,min}$ допустимые пределы, может применяться вероятностный критерий:

$$k_j = p\left(u_{j\,min} \le u_j \le u_{j\,max}/t\right) \text{ при } t \le t_з, j = 1,2, \dots f, \tag{3}$$

В случаях, когда общая задача системы может быть решена только при выполнении нескольких частных задач, критерий, оценивающий вероятность выполнения общей задачи системы $P(B)$, будет иметь вид:

$$K = P(B) = \Pi P_f, \tag{4}$$

где P_f – вероятность выполнения -й частной задачи.

Если общая задача системой решается при выполнении хотя бы одной частной задачи, то:

$$K = 1 - \Pi\left(1 - P_f\right) \tag{5}$$

Вероятностные формы критериев могут использоваться для оценки какого-либо результата, который достигается в процессе функционирования привода, если он может быть достигнут или не достигнут без рассмотрения промежуточных результатов. Кроме того, вероятностные критерии могут использоваться для оценки надежности, живучести, эргономичности, готовности к действию и т.д. Если задачей операции является не просто достижение (или не достижение) определенного результата, а получение его большего (или меньшего) значения, то в качестве критерия оценки получаемого результата может быть принято его математическое ожидание:

$$K = M(\theta), \tag{6}$$

где $M[\theta]$ – математическое ожидание результата θ.

Для оценки точности работы привода могут применяться критерии, представляющие собой математическое ожидание среднеквадратической ошибки, т.е. отклонения выходных процессов или случайных величин y от их требуемых значений $y_{\text{тр}}$. Такие критерии могут быть представлены в дискретной или интегральной форме:

$$K = \frac{1}{N}\sum_1^N \left(y_\rho - y_{\rho\,\text{тр}}\right)^2 \text{ при } \rho = 1{,}2 \ldots, N, \tag{7}$$

$$K = \frac{1}{T}\int_0^T \left(y - y_{\text{тр}}\right)^2, \tag{8}$$

где T – продолжительность выходного процесса $y(t)$.

Критерии оценки точности могут представляться в вероятностной форме, т.е. как вероятность того, что абсолютная (или среднеквадратическая) величина ошибки не превысит малого значения ε:

$$K = P\left(\left|y - y_{\text{тр}}\right| \le \varepsilon\right), \tag{9}$$

Быстродействие привода может оцениваться критериями:

$$K = \sum_f t_f \text{ или } K = \int_0^T dt, \tag{10}$$

где t_f – время выполнения -й задачи (операции).

Оценки конструктивных характеристик привода может осуществляться на основе критериев:

$$K = \sum_l \vartheta_l, \tag{11}$$

где ϑ – параметр привода (масса, объем, линейные размеры и т.д.) -го элемента системы.

При исследовании динамических процессов могут использоваться критерии:

$$K = \min\max z\,,\ K = P\left(z_{maz} \le z_g\right), \tag{12}$$

где z – контролируемый динамический параметр (ускорение, напряжение и др.); z_g – допустимое значение параметра z.

Многокритериальная (комплексная) оценка качества механического привода как сложной технической системы, как правило, проводится с учетом критериев, определяющих затраты ресурсов на ее разработку, производство и эксплуатацию, в том числе с учетом экономических критериев. К таким критериям относится стоимость образца, определяемая стоимостью разработки, стоимостью производства, стоимостью ресурсов, расходуемых во время эксплуатации образца. В ряде случаев при оптимизации технических конструкции привода используются относительные критерии:

$$K = \frac{K_p}{K_c} \text{ или } K = \frac{\sum_g K_{pg}}{\sum_h K_{ch}}, \tag{13}$$

где K_p, K_{pg} – общий и частные критерии, оценивающие результат действия привода; K_c, K_{ch} – общий и частные критерии, оценивающие затраты ресурсов (в частности, экономических).

Относительные критерии по своему физическому смыслу определяют величину результата действия системы, приходящуюся на единицу израсходованных ресурсов. Следует иметь в виду, что суммируемые частные критерии должны иметь одинаковую размеренность или приводится к безразмерному виду. Основным недостатком относительных критериев является то, что ухудшение одного из критериев, входящих в состав дроби (13), может быть компенсировано за счет другого. При этом одно и то же значение относительного критерия может быть получено при самых различных сочетаниях входящих в него критериев K_p и K_c. Кроме того, оптимальное решение, получаемое на основе относительного критерия, весьма часто будет соответствовать условиям $K_p = 0,\ K_c = 0$.

Действительно, поскольку критерии K_p и K_c является функциями варьируемых параметров u_j, оптимальное решение должно соответствовать условию:

$$\frac{\partial K}{\partial u_j} = 0, \tag{14}$$

откуда:

$$\frac{\partial K_p}{\partial K_c} = \frac{K_p}{K_c}, \tag{15}$$

Таким образом, в оптимальной точке должно выполняться условие:

$$\tan\alpha_k = \tan\alpha, \tag{16}$$

Следует иметь в виду, что составные комплексные критерии вида:

$$K = \sum_i \alpha_i k_i \text{ и } K = \prod_i k_i^{\alpha_i} \tag{17}$$

где α_i – весовые коэффициенты) обладают тем же недостатком, что и относительные критерии: ухудшение одного частного критерия k_i может быть компенсировано за счет других.

Кроме того, практическое применение составных критериев затруднено тем, что в настоящее время отсутствуют математически обоснованные методы определения весовых коэффициентов α_i.

Приведение к детерминистическим формам статистических критериев, зависящих от каких-либо случайных факторов (например, от характеристик внешних условий или конст-

руктивных параметров системы, изменяющихся случайным образом) при известных законах распределения этих факторов, может осуществляться на основе иных интегральных зависимостей. При наличии неопределенности в условиях эксплуатации образца для однозначного решения оптимизационных задач могут вводиться дополнительные критерии: критерий Лапласа (применяется при равновероятных условиях эксплуатации), Критерий Байеса, Критерий Гурвица, критерием Вальда, критерий Гермейера, критерий Сэвиджа.

Рассмотренные критерии могут применяться для решения задач структурного и параметрического синтеза при проектировании механического привода, как сложной технической системы, а также для отдельных их подсистем и элементов.

Список литературы

1. Широухов А.В., Иванов К.С. Оптимизационные задачи синтеза виброзащитных систем элементов автомобильных базовых шасси пожарно-спасательной техники // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 3. С. 175-181.

2. Широухов А.В., Иванов К.С. Эмпирические критерии качества виброзащитных систем пожарно-спасательной техники // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 3. С. 191-200.

3. Балакина Е.А. Исследование динамики и параметров механического привода рулонной печатной машины по требованиям регламентированной точности печати. Автореферат диссертации // Омский государственный технический университет, 2000. – 18 с.

4. Грабский А.А., Плеханов Ф.И., Сунцов А.С. Рациональные конструкции механических приводов и возможности их применения в горных машинах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга. 2018. – 146 с.

5. Санников А.А., Куцубина Н.В. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. проектирование, прогнозирование, оптимизация машин и оборудования лесного комплекс: учебное пособие. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2009. – 117 с.

6. Надёжность и эффективность в технике. Под общей редакцией В.А. Кузнецова. – М.: Машиностроение, 1990. Т. 10. – 330 с.

УДК 621.396

МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Миронович Олег Михайлович *– кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)*

Слепцов Алексей Валерьевич *– оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск)*

Научно-исследовательский институт военно-системных исследований МТО ВС РФ
ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулёва

<u>Аннотация</u>. В статье рассматривается метод оценки технического состояния узлов и агрегатов транспортных средств с помощью применения систем автоматизированного проектирования, которые позволяют получать информацию о техническом состоянии узлов и агрегатов транспортных средств, причинах возникновения неисправностей и способах их предупреждения.

В статье применение данного метода оценки технического состояния рассмотрено на примере кожуха зубчатой передачи электровоза.

Ключевые слова: оценка технического состояния, узлы и агрегаты транспортных средств, системы автоматизированного проектирования (САПР), кожух зубчатой передачи, надежность, срок службы, экономия.

METHOD FOR ESTIMATING THE TECHNICAL CONDITION OF MECHANICAL ENGINEERING ASSEMBLIES AND CARRIER VEHICLE

Mironovich Oleg M. – Candidate of Military Sciences, Senior Researcher 25th research department (research on the use of railway troops)

Sleptsov Aleksey V. – operator 10th scientific company MAL 25 scientific and research department (research on the use of railway troops)

Scientific and research institute of Military-System Studies Logistics

Abstract. The article discusses method for estimating the technical condition of mechanical engineering assemblies and carrier vehicle including using computer-aided design (CAD) that allows receiving information about its technical condition, causes of malfunctions and ways to protection against them.

The article also presents the application of a method for estimating the technical condition in terms of casing for gear as an example.

Keywords: estimating the technical condition, mechanical engineering assemblies of carrier vehicle, computer-aided design (CAD), casing for gear, robustness, lifespan, saving.

Собственники машин, механизмов и др. технических средств (далее машин) всегда заинтересованы в увеличении их жизненного цикла за счет своевременного проведения мероприятий по поддержанию техники в исправном состоянии и снижении затрат на их содержание.

К таким мероприятиям относится постоянный контроль за техническим состоянием узлов, агрегатов, др. элементов машин (далее агрегаты). Контроль за состоянием агрегатов осуществляется как во время проведения периодических технических обслуживаний и плановых ремонтов машин силами специализированных организаций (подразделений), так и в процессе эксплуатации машины силами обслуживающего персонала. Существуют 2 основных метода оценки технического состояния:

1. Субъективный (органолептический) метод с использованием органов чувств человека и простейших технических устройств, дающих возможность увеличения чувствительности в рамках диапазонов, свойственных органам чувств человека, позволяет выявить только явные признаки «не нормальной» работы агрегата и не даёт возможности сделать перспективный прогноз его состояния.
2. Объективный (приборный) метод заключается в оценке состояния агрегата, при которой для сбора и анализа информации используются специализированные устройства, в том числе, электронно-вычислительная техника. Объективными методами оценки являются различные методы неразрушающего контроля.

Однако перечисленные методы не дают полного понимания причин образования неисправностей. К тому же применение средств неразрушающего контроля требует дорогостоящего оборудования и специально обученного персонала.

Это обстоятельство вынуждает искать возможные пути решения комплексной задачи, включающей определение технического состояния и остаточного ресурса машины, причин возникновения поломок и перечень профилактических мер по предупреждению выхода её из строя, в том числе с использованием имеющихся программных продуктов, которые можно адаптировать под конкретные задачи.

Таким продуктом может стать система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования Autodesk Invertor, разработанная компания Autodesk. Система предназначена для создания цифровых прототипов промышленных изделий.

Используя возможности указанного программного продукта можно выполнять работы не только по проектированию и модернизации объекта воздействия, но и получать информацию о его техническом состоянии, причинах возникновения неисправностей и способах их предупреждения [1].

Наиболее уязвимыми являются механические агрегаты трансмиссии, ходовой части, или рабочих органов машин (ходовые и др. редукторы, коробки переключения передач, раздаточные коробки и т.д.), воспринимающие на себя основные ударные и вибрационные нагрузки, возникающие из-за больших скоростей, неровности дорожного покрытия, и др. экстремальных обстоятельств.

Именно поэтому вариант применения САПР с наибольшим эффектом можно продемонстрировать на примере кожуха зубчатой передачи (КЗП) колёсно-моторного блока электровоза в металлическом исполнении.

Анализ причин выхода из строя и направления в неплановый ремонт КЗП показывает, что самой распространенной причиной является образование трещин в узлах крепления кожуха к кронштейнам остова тягового электродвигателя. В случае непринятия мер, продолжение эксплуатации КЗП с трещинами приведёт к частичному или полному разрушению кожуха, следствием чего будет повреждение самой зубчатой передачи и колёсно-моторного блока в целом из-за попадания осколков кожуха в механизм. На рисунке 1 представлена модель кожуха зубчатой передачи, построенная в программной среде Autodesk Inventor.

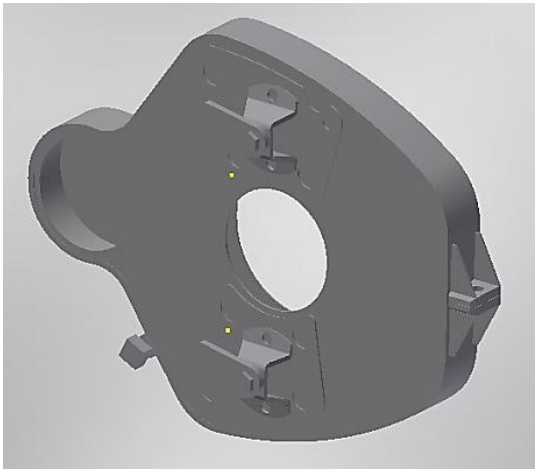


Рисунок 1 – Модель кожуха зубчатой передачи, построенная в программной среде Autodesk Inventor

Прочностной расчёт объекта предлагается выполнять на основе метода конечных элементов (МКЭ), являющегося наиболее распространённым из современных численных методов расчёта. Метод конечных элементов позволяет рассчитать деталь различной формы при любых нагрузках и закреплениях.

Основная идея МКЭ заключается в том, что любую непрерывную величину, такую, как температура, перемещение или давление, возможно аппроксимировать дискретной моделью, строящейся на множестве кусочно-непрерывных функций, определённых на конечном числе подобластей [2]. Результат применения МКЭ к трехмерной модели продемонстрирован на рисунке 2.

Для расчета напряженно-деформированного состояния кожуха зубчатой передачи электровоза применялась программная среда MSC Patran.

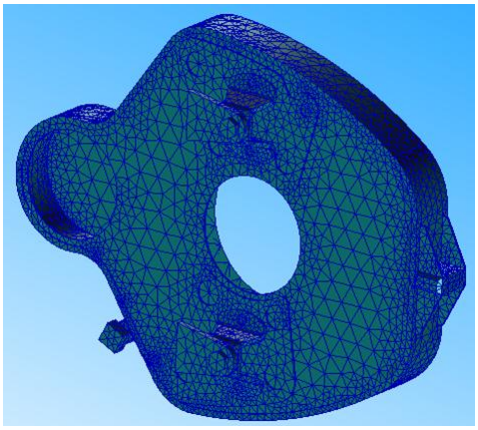


Рисунок 2 – Применение МКЭ к трехмерной модели

MSC Patran – программный продукт корпорации MSC Software, позволяющий интегрировать автоматизированные системы проектирования, моделирования, анализа и оценки результатов расчетов. Его использование в комбинации с другими программными продуктами приводит к достижению наибольшей эффективности в оценке работоспособности и оптимальности конструкции изделий при их разработке, производстве и эксплуатации еще до момента изготовление и испытания опытных образцов [3].

Применение инженерного программного обеспечения для исследования напряжённо-деформированного состояния КЗП электровоза на основе метода конечных элементов, даёт возможность повысить качество и технико-экономический уровень результатов проектирования. При этом сокращаются временные сроки, трудоёмкость работы, а также себестоимость и затраты на выполнение натурного моделирования [4].

Результаты проведённого исследования подтвердили статистические данные о наиболее характерных местах образования трещин – в узлах крепления кожуха к кронштейнам остова тягового электродвигателя.

Результат оценки напряженно-деформированного состояния трёхмерной модели кожуха зубчатой передачи электровоза представлен на рисунке 3.

Возможность изменения величин нагрузок, воздействующих на КЗП, химического состава материалов и геометрии конструкции, способствует получению высокоточных результатов, без проведения сложных ручных расчетов. Применение САПР так же дает возможность использования одной модели неограниченное количество раз с изменением ее характеристик и приложенных к ней сил [5].

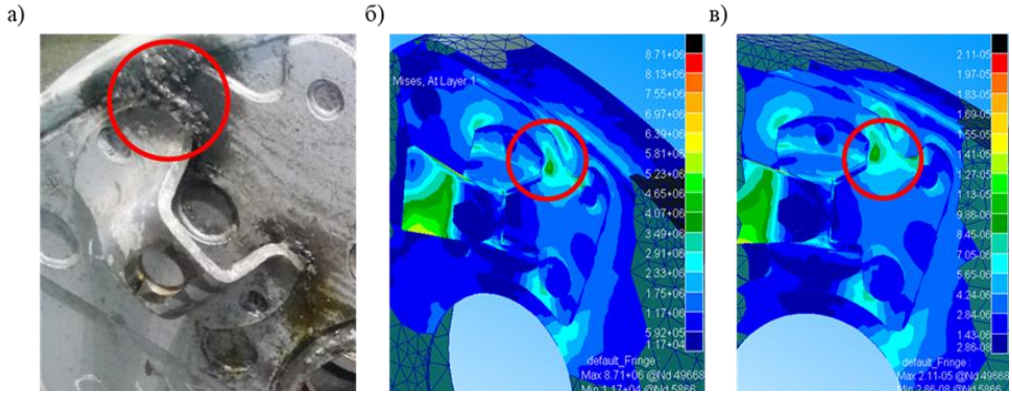


Рисунок 3 – Результат оценки напряженно-деформированного состояния модели: а – место образования трещины на реальном КЗП; б – место наибольшей концентрации напряжений в узле крепления КЗП; в – место наибольшей деформации в узле крепления КЗП)

Подводя итог изложенному, можно сделать вывод: современное программное обеспечение позволяет создавать трёхмерную модель объекта, получать картины распределения напряжений на поверхности 3D модели, моделировать напряженно-деформированное состояние. В результате можно получить информацию о причинах и местах возникновения трещин и др. признаков разрушения исследуемого объекта, определить остаточный ресурс и получить рекомендации по усилению конструкции в процессе модернизации объекта исследования. Все это позволит:

1. Продлить срок службы объекта.
2. Обеспечить надёжность эксплуатации и плановость выхода объекта в ремонт.
3. Сэкономить денежные средства за счет предотвращения неплановых ремонтов.

Список литературы

1. Дульский Е.Ю. Основы компьютерного моделирования: учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2015. – 128 с.

2. Яблочников Е.И., Комисаренко А.Л. Применение метода конечных элементов в системах MSC Patran и Nastran. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 22 с.

3. Руководство пользователя по MSC Patran, 2004. – 162 с.

4. Рыбников Е.К., Володин С.В., Соболев Р.Ю. Инженерные расчёты механических конструкций в системе MSC: учебное пособие. Ч. 1. – М.: Транспорт, 2003. – 130 с.

5. Гуменюк А.В. MSC Patran-Nastran. Новые возможности. – Москва: MSC Software RUS, 2016. – 33 с.

УДК 656.2/4(075.8)

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

Савинов Константин Николаевич *– кандидат военных наук, доцент, начальник кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах*

Яшин Михаил Геннадьевич *– кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах*

Пантелеев Роман Анатольевич *– преподаватель кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах*

Военный институт Железнодорожных войск и военных сообщений
ФГБКВУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулёва

Аннотация. В работе предлагается анализ функционирования сложной технической системы на основе изоморфной модели и схемы технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожной станции. Актуальность обусловлена значительным количеством различных показателей оказывающих влияние на пропускную способность железнодорожной станции, а итоговое результирующие воздействие на увеличение пропускной способности станции оказывает количество приёмо-отправочных путей и вид централизации управления работой устройств станционной автоматики и телемеханики.

Ключевые слова: железнодорожная станция, техническая система, элемент системы, свойство, пропускная способность, перерабатывающая способность, функциональный анализ.

FUNCTIONAL ANALYSIS OF TECHNICAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE OF THE RAILWAY STATION

Savinov Konstantin N. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Head of the Department Restoration of automation devices, telemechanics and communication on Railways

Yashin Mikhail G. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department Restoration of automation devices, telemechanics and communications on Railways

Panteleev Roman Anatolyevich – Lecturer of the Department Restoration of automation devices, telemechanics and communication on Railways

Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev
Military Academy of Logistics

Abstract. The paper proposes an analysis of the functioning of a complex technical system on the basis of an isomorphic model and scheme of technical and operational performance of the railway station. The relevance is due to a significant number of different indicators affecting the capacity of the railway station, and the final resulting effect on increasing the capacity of the station is caused by the number of receiving and sending tracks and the type of centralization of the control of the operation of station automation and telemechanics devices.

Keywords: railway station, technical system, element system, property, capacity, processing capacity, functional analysis.

Общие принципы функционирования железнодорожных станций различных типов, в том числе подготавливаемых и используемых в интересах выполнения воинских перевозок (участковых, технических, грузовых, сортировочных или специальных) одинаковы [1]. Тем не менее, формы проявления этих принципов весьма разнообразны.

Под главной функцией (Ф) понимается обеспечение процесса перевозок грузов, пассажиров, войск (сил), материальных средств и т.п., заданного объёма, т.е. выполнение разных операций для обеспечения заданной пропускной ($N_{\text{пс}}$) и провозной способности ($N_{\text{пер}}$). Основными функциями станций [2-4] являются:

– приём, отправление, пропуск поездов в соответствии с графиком движения (Φ_1);

– подача и уборка вагонов с грузовых фронтов (Φ_2);

– обеспечение погрузки порожними вагонами (Φ_3);

– приём к перевозке, погрузка, выгрузка, сортировка, выдача грузов, оформление перевозочных документов (Φ_4);

– расформирование и формирование поездов в соответствии с установленным планом формирования (Φ_5);

– организация работы с пассажирскими поездами и вагонами (Φ_6);

– разработка и осуществление планов и мероприятий по обеспечению безопасности движения и охране труда, техническому обучению и повышению профессионального мастерства (Φ_7).

Безупречное (полезное) функционирование железнодорожной станции в мирное время, при непосредственной угрозе агрессии и в период подготовки и ведения военных действий (особый период и военное время) можно представить в виде:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \Phi_i + \sum_{v=1} \Phi'_v, \qquad (1)$$

где Φ_i – i-я основная функция -го типа станции; Φ'_v – v-я дополнительная функция. Под дополнительными функциями будем понимать, функции связанные с добавочным объёмом работ по обеспечению воинских перевозок [5,6]. Выполнение соответствующих функций зависит от производимых операций ($\sum O_{iv}$), которые взаимосвязаны с техническим оснащением станции и обеспечиваются средствами управления (У) определённым штатом работников (Ш).

Каждая железнодорожная станция представляет собой «сложную» техническую систему глобальной инфраструктуры железнодорожного транспорта [7,8]. На железнодорожных станциях в нормальном режиме (мирное время) реализовывается определённый размер (объём) транспортной работы (G). Железнодорожные станции характеризуются принципиальной схемой (S), подходами к раздельному пункту (П), наличием локомотивного парка ($Л$) и оснащаются различными техническими элементами (A) в зависимости от объёма и характера выполняемых операций. К элементам технического оснащения станции причисляются:

– путевое развитие (главные, приемоотправочные, погрузочно-выгрузочные и вытяжные пути, предохранительные тупики и т. д.) (ПРС);

– стрелочные горловины станции (зона, в которой уложены стрелочные переводы, соединяющие друг с другом пути и парки) (СГС);

– пассажирские здания, платформы, пешеходные тоннели или мостики (ПАС);

– грузовой район, включающий склады, площадки, погрузочно-выгрузочные механизмы, автомобильные подъезды (ГРУ);

– устройства электроснабжения, освещения, водоснабжения, канализации и теплоснабжения (ЭНГ);

– устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: постовое, напольное оборудование, автономное электроснабжение и кабельная сеть (ЖАТ).

Путевое развитие станции делится на станционные (главные, приёмоотправочные, сортировочные, вытяжные, погрузочно-выгрузочные и пр.) и пути специального назначения (предохранительные и улавливающие тупики, а также подъездные пути предприятий). В зависимости от назначения станции на станционных путях выполняются разнообразные технологические операции: поездные ($О_{пд}$), технические ($О_{тх}$), грузовые ($О_{гр}$), комерчиские ($О_{км}$) и пассажирские операции ($О_{пс}$) (таблица).

Таблица – Операции, выполняемые на станционных путях

Наименование станционных путей	Технологические операции				
	$О_{пд}$	$О_{тх}$	$О_{гр}$	$О_{км}$	$О_{пс}$
Главные пути	■				■
Приёмо-отправочные пути	■	■			■
Вытяжные пути		■			
Сортировочные пути		■	■		
Горочные пути		■			
Погрузочно-выгрузочные пути			■		
Деповские пути		■			
Соединительные пути	■	■			
Подъездные пути			■	■	
Предохранительный тупик		■			
Улавливающий тупик		■			
Ходовые пути для локомотивов	■	■			
Пути для стоянки пожарных и восстановительных поездов		■			
Весовые пути			■	■	
Перегрузочные пути			■		

Железнодорожная станция, как каждая сложная техническая система [7], состоит из множества взаимодействующих составляющих элементов (ПРС, СГС, ПАС, ГРУ, ЭНГ, ЖАТ). Под элементом системы принято понимать неделимую часть системы, обладающую самостоятельностью по отношению ко всей системе и предназначенную для решения конкретной задачи или определённой совокупности взаимосвязанных задач.

Множество A элементов системы железнодорожной станции можно описать выражением вида:

$$A = \{\alpha_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \tag{2}$$

где α_i – i-ый элемент системы; m – число элементов в системе.

Состояние любого элемента технической системы в зависимости от различных факторов (времени, пространства, скорости, внешней среды и др.) может изменяться. Эти изменения могут зависеть и от состояния взаимодействия элементов между собой. Множество Q связей между элементами α_i и α_j можно представить в виде:

$$Q = \{q_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m;\ j = 1, 2, \dots, n\ . \tag{3}$$

Под структурой сложной технической системы принято понимать совокупность прочных (устойчивых) связей и взаимодействий элементов, обеспечивающих целостность системы, т.е. сохранение её основных свойств при различных внутренних и внешних изменениях. Каждый α_i – элемент системы может характеризоваться « n » конкретными свойствами $Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, \dots, Z_{ij}, \dots, Z_{in}$, которые определяют его в данной системе однозначно. От свойств элементов зависят результирующие показатели работы станции (качественные, количественные, временные и т.п.). Временным результирующим показателем является продолжительность выполнения основной работы станции (T). Итоговыми количественными показателями, определяющими наибольший размер (объём) работы станции, принято называть [4,5,8,9]:

– пропускной способностью ($N_{пс}$) – наибольшее число грузовых (следующих через нее без переработки и с переработкой) и пассажирских поездов ($n_{поезд}$), которое может быть пропущено станцией за сутки на все направления при полном использовании технических средств;

– перерабатывающей способностью ($N_{пер}$) − число грузовых поездов (вагонов) ($n_{поезд}$, $n_{ваг}$), которое может быть переработано ею за сутки при передовой технологии, наилучшем использовании путевого развития и технического оснащения.

При непосредственной угрозе агрессии и в период подготовки и ведения военных боевых действий интервал поступления поездов на станцию ($J_{вх}$) увеличивается [6]. Поэтому, будет увеличиваться общий размер (объём) железнодорожной станции на размер (объём) воинских перевозок ($G + G'$) и время выполнения работ по транспортному обеспечению на станции ($T + T'$). Тогда, формирование технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожной станции, можно представить в виде схемы представленной на рисунке.

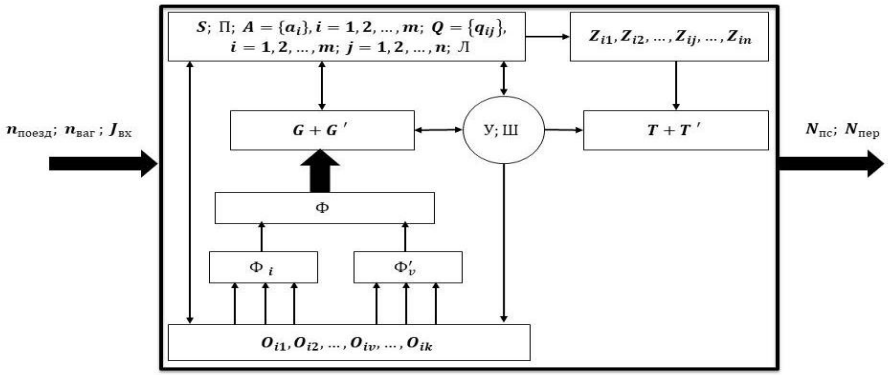


Рисунок – Схема формирования технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожной станции

Исходя из вышесказанного и анализа схемы формирования технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожной станции, записывается модель функционирования, изоморфная объекту. Она представляет собой кортеж:

$$\text{МФ} = \langle n_{\text{поезд}};\ n_{\text{ваг}};\ J_{\text{вх}};\ \Phi;\ G;\ S;\ \text{П};\ A;\ Q;\ \text{Л};\ \text{У};\ \text{Ш};\ Z;\ \text{Т};\ N_{\text{пс}};\ N_{\text{пер}} \rangle . \quad (4)$$

Изоморфная модель технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожной станции и схема их формирования позволяют исследовать свойства объекта с применением мысленного (логического) эксперимента. Функциональный анализ технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожной станции показал следующее. Увеличение грузопотока $\{n_{\text{поезд}}, n_{\text{ваг}}\}$ в период агрессии и ведения боевых действий, воздействие основных (Φ_i) и дополнительных (Φ'_v) функций приводят к существенному росту объёму (размеру) транспортной работы ($G + G'$). При этом главным параметром, определяющим станционные мощности, являются пропускная и перерабатывающая способность станции $(N_{\text{пс}}, N_{\text{пер}})$.

Из схемы формирования технико-эксплуатационных показателей работы железнодорожной станции и выражения (4) выделим, что пропускная и перерабатывающая способность $(N_{\text{пс}}, N_{\text{пер}})$ напрямую зависит от продолжительности обработки поездов, т.е.

$$N_{\text{пс}} = f(T_{\text{обр}}), \quad (5)$$

где $T_{\text{обр}}$ – продолжительности обработки поездов, $T_{\text{обр}} = T + T'$. В свою очередь $T_{\text{обр}}$ формируется от наличия и свойств технических устройств $(Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, \dots, Z_{ij}, \dots, Z_{in})$. Т.е. имеются все основания считать, что:

$$T_{\text{обр}} = f(Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, \dots, Z_{ij}, \dots, Z_{in}). \quad (6)$$

Указанные условия можно записать в следующем виде:

$$\{n_{\text{поезд}}, J_{\text{вх}}, \Phi\} \Rightarrow G\Lambda\{Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, \dots, Z_{ij}, \dots, Z_{in}\} \Rightarrow T_{\text{обр}} \Rightarrow N_{\text{пс}} . \quad (7)$$

Вместе с этим, станция как сложная техническая система, представляет собой единый комплекс взаимосвязанных структурных элементов $\{A, Q\}$, которая характеризуется принципиальной схемой (S) и подходами к раздельному пункту (П). Тогда выражение (7) примет вид:

$$\{n_{\text{поезд}}, J_{\text{вх}}, \Phi\} \Rightarrow G\Lambda\{S, \text{П}, A, Q, Z\} \Rightarrow T_{\text{обр}} \Rightarrow N_{\text{пс}} . \quad (8)$$

$$N_{\text{пс}} = f(T_{\text{обр}}) = f(S, \text{П}, A, Q, Z). \quad (9)$$

Следовательно, это даёт нам право утверждать, что пропускная способность ($N_{\text{пс}}$) напрямую зависит не только от схемы станции (S), прилегающих участков (П) и технического оснащения (элементов) (A), но и от состояния взаимосвязей (Q) и свойств самих элементов станции (Z).

Список литературы

1. Махонько В.П., Соколов В.В., Фомин А.А. Истоки службы военных сообщений вооружённых сил Российской Федерации // Национальные приоритеты России. Серия 1: Наука и военная безопасность. 2015. № 3 (3). С. 88-93.

2. Левин Д.Ю. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте: Технология и управление работой станции и узлов: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М. 2015. – 384 с.

3. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учебник для вузов / П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макарочкин и др.; Под ред. П.С. Грунтова. – М.: Транспорт. 1994. – 543 с.

4. Железнодорожные станции и узлы: учебник / В.И. Апатцев и др.; под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2014. – 855 с.

5. Махонько В.П., Павленко Д.И., Бушмин О.И. Анализ существующих подходов к организации эксплуатационной работы железных дорог в условиях перерывов движения поездов при выполнении воинских перевозок в современных условиях // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва. 2015. № 4. С. 28-33.

6. Махонько В.П., Фомин А.А., Чистилин И.И. Проблемные вопросы организации погрузки (выгрузки) войск на железнодорожном транспорте // Наука и военная безопасность. 2017. № 2 (9). С. 56-60.

7. Шаталова Н.В. Пространственное развитие России: транспортный аспект // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Международной научно–практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. С. 354-359.

8. Романов Н.Н., Яшин М.Г., Пантелеев Р.А. Оценка пропускной способности железнодорожных направлений с использованием экспериментальной факторной математической модели // Транспорт Урала. 2017. № 4 (55). С. 40-48.

9. Романов Н.Н., Пантелеев Р.А., Яшин М.Г. Методика оценки пропускной способности станции // Транспортные интеллектуальные системы: материалы I Международной научно-практической конференции. – СПб: ФГБОУ ВО ПГУПС. 2017. С. 116-123.

УДК 004:656

ИНСТРУМЕНТЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ СОТРУДНИКОВ В ФОРМИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ СРЕДЫ НА ТРАНСПОРТЕ

Виниченко Виктория Александровна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики транспорта и финансов*

Синицын Михаил Геннадьевич *– старший преподаватель кафедры управления работой флота*

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет водного транспорта

Аннотация. В статье рассматривается необходимость вовлечения сотрудников транспортных предприятий в цепочку создания потребительской ценности. Целью исследования служит формирование набора инструментов для такого вовлечения. Последовательно рассматривается анализ дефиниции «вовлеченность», определяются его ключевые аспекты. Результатом статьи явился перечень инструментов вовлечения сотрудников в формирование безопасной среды на транспорте. Поученный перечень не является исчерпывающим, что может послужить поводом для дальнейших исследований.

Ключевые слова: безопасность, транспорт, кадровое обеспечение, транспортная система, инструмент, бережливое производство.

TOOLS FOR INVOLVING EMPLOYEES IN THE FORMATION OF A SAFE TRANSPORT ENVIRONMENT

Vinichenko Victoria Al. – Ph.D. (Economy), Associate Professor of transport and Finance Economics Department

Sinitsyn Michael G. – Senior Lecturer of the Department of Management of the fleet

Siberian State University of Water Transport

Abstract. The article considers the necessity of involving employees of transport enterprises in the chain of creating consumer value. The aim of the study is to form a set of tools for such involvement. The analysis of the definition of "involvement" is consistently considered, its key aspects are determined. The result of the article was a list of tools for involving employees in the formation of a safe environment in transport. The above list is not exhaustive, which may serve as an occasion for further research.

Keywords: security, transport, staffing, transport system, tools, lean manufacturing.

Обеспечение безопасности на транспорте зависит от двух параметров – от состояния подвижного состава и от соблюдения требований безопасности сотрудниками транспортных предприятий, пассажирами и другими участниками отрасли [1]. Среди наиболее частых причин возникновения аварий на транспорте называется человеческий фактор. Человеческий фактор включает состояния, которые сопряжены со взаимодействием человека и любой технической системы. Технические неисправности подвижного состава становятся причинами катастроф лишь в 3,8% случаев от общего количества. Речь идет о низком уровне квалификации, невнимательности, низкой культуре взаимодействия участников транспортной отрасли, халатности при исполнении должностных обязанностей [2]. Для решения этих проблем во многом следует обращать внимание при формировании кадровой обеспеченности на социально-экономические, культурно–воспитательные характеристики, условия труда. Во многом безопасность зависит и от мотивации персонала.

Важную роль в обеспечении безопасности будет играть уровень вовлеченности (таблица 1) каждого сотрудника в производство транспортной продукции. Впервые о проблемах вовлеченности персонала в трудовой процесс заговорили в 1981 году У. Оучи, Р. Паскаль и А. Атос. Однако и в настоящее время не сформулировано единого определения термина «вовлеченность».

Таблица 1 – Определение термина «вовлеченность» разными авторами

Автор	Источник	Содержание
У. Кан	Kahn W. A. Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work //Academy of management journal. – 1990 – Т. 33 – № 4. - с. 692-724.	вовлеченные сотрудники реализуются физически, интеллектуально и эмоционально в процессе профессиональной деятельности
К. Томпсон	Thomson K. The Employee Revolution: Rise of Corporate Internal Marketing// Hardcover Financial Times Prentice Hall. – 1990.	чтобы донести обещание бренда до потребителя, работник должен полностью понимать и разделять ценности бизнеса
П. Друкер	Друкер, П. Задачи менеджмента в XXI веке / Питер Ф. Друкер; пер. с. англ. и ред. Н.М.Макаровой. – М.: Вильямс, 2000. – 270 с.	управление персоналом должно строиться так, чтобы сотрудники работали добровольно. Система мотивации не должна быть направлена на удовлетворение мотивов сотрудников
М. Магура	Магура М., Курбатова М. Секреты мотивации, или мотивация без секретов / М. Магура, М. Курбатова. М.: ИД «Управление персоналом», 2007. 656 с.	вовлеченность - желание предпринимать личные усилия, вносить свой вклад как член организации для достижения её целей
А. Апостолоу	Apostolou A. Employee Involvement [Electronic resource] / Apostolos Apostolou // Innoregio: dissemination of innovation and knowledge management techniques. – D. of Production Engineering & Management, Technical University of Crete, 2000. – P. 1-25. – Mode of access: http://www.urenio.org/tools/en/employee_involvement.pdf	новый способ ведения бизнеса. Сотрудники, которые прошли обучение, получили полномочия и признание за свои достижения, больше не смотрят на часы, выполняя свою работу. Они чувствуют личную ответственность за работу предприятия

Источник: составлено авторами на основе [3-7].

Согласно структуре вовлечённости в интерпретации У. Кана, её характеризуют 3 аспекта: когнитивный (убеждения сотрудников об организации, ее руководителях и условиях труда); эмоциональный (характер и сила эмоциональной связи с организацией и ее руководителями); поведенческий или физический аспекты (энергия, вкладываемая сотрудниками в выполнение своих ролей) [3]. Три аспекта вовлеченности в целях обеспечения безопасности на предприятиях транспорта можно представить следующим образом (таблица 2). Инструменты вовлечения сотрудников в формирование безопасной среды на транспорте различны. Основными среди них можно назвать те, что приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Аспекты вовлеченности сотрудников транспортных предприятий

Аспект вовлеченности	Содержание
Когнитивный	О приверженности сотрудников транспортных организаций можно судить по большому количеству морских династий, поколения железнодорожников. Для сотрудников авиационной отрасли характерно сложное и весьма продолжительное обучение, причем на протяжении всего периода работы в компании, что можно объяснить лишь желанием трудиться в этой отрасли и высоким уровнем заинтересованности
Эмоциональный	Связь экипажа судна с ее капитаном очень высокая – зачастую рейс на морском судне длится от 4 до 6 месяцев. За этом время экипаж становится одной семьей с единой системой ценностей и одной целью - По негласному правилу – при крушении корабля капитан покидает судно последним, лишь только после того, когда все люди покинут его борт
Физический	Готовность оказать помощь при критической ситуации (аварии, катастрофе). Экипаж во время крушения (аварии) зачастую является единственным персоналом, способным оказать первую доврачебную помощь

Источник: составлено авторами на основе [3].

Таблица 3 – Инструменты вовлечения в создание безопасной среды на транспорте

Инструмент	Описание	Влияние на безопасность
5S	Создание и поддержание порядка на рабочем месте	Отсутствие отвлекающих и мешающих инструментов создает безопасную среду на транспорте непосредственно у штурвала, у руля, в кабине машиниста
Визуализация	Метод в бережливом производстве, который позволяет осуществлять визуальный контроль	Создание контрастных меток для привлечения внимания позволяет не пересекать безопасные рубежи,
Пока-ёкэ	Приспособление или устройство, позволяющее выявить или определить ошибку в целях ее предотвращения	Создание или установка приспособлений на подвижной состав в целях оповещения в случае неисправности. Возможны варианты блокировки (остановки) движения в случае обнаружения поломки
Найди покемона	Определение проблемы, потери, неточности и внесение рационализаторского предложения для ее устранения	Зачастую рабочее место закрепляется индивидуально за сотрудником (сменной бригадой). Все предложения по улучшению его работы или устранению неисправностей предлагаются «снизу». За рационализаторское предложение сотрудник получает денежное вознаграждение в соответствии с размером экономии (предполагаемого ущерба)
TPM	Всеобщий уход за оборудованием (машинами)	Водитель автомобиля (капитан судна, машинист поезда) осуществляют регулярный осмотр подвижного состава в целях его своевременной профилактики не дожидаясь технического осмотра или присутствия специалиста самостоятельно доливает воду в необходимые резервуары, проверяет уровень технических жидкостей в системе, следит за исправностью системы и поддерживает ее в работоспособном состоянии
Корпоративное обучение	Обучение, организованное в стенах учреждения либо собственными силами, либо с привлечением специалистов с целью формирования компетенций сотрудников	Регулярное обучение соответствует современным вызовам. Обучение проводится как по использованию новых интеллектуальных систем на транспорте, так и по обновленным стандартам обслуживания грузоотправителей, пассажиров и пр.

Источник: составлено авторами.

Таким образом, можно сделать вывод, что ключевыми направлениями по повышению безопасности на транспорте можно считать:

– внедрение инструментов риск-менеджмента, при реализации которого формируется перечень рисков и разрабатываются мероприятии по их устранению и дальнейшему предупреждению;

– установление приспособлений и механизмов в соответствии с концепцией лин-менеджмента для наибольшего исключения влияния человеческого фактора;

– разработка и использование на регулярной основе тренажерных комплексов и программ обучения, направленных на закрепление компетенций по обеспечению безопасности, формирование навыков командообразования. Последнее может быть достигнуто с внедрением метода SCRUM, в рамках которого ответственность несет вся команда. Для транспорта это будут члены экипажа подвижного состава, поездные бригады.

Список литературы

1. Виниченко В.А., Синицын М.Г. К вопросу обеспечения безопасности в цифровую эру транспорта // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 39-43.

2. Утюганова В.В. Формирование культуры безопасности через автоматизацию процессов охраны труда // Безопасность и охрана труда. 2018. № 4. С. 74-83.

3. Kahn W.A. Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work // Academy of management journal. 1990. Т. 33, № 4. С. 692-724.

4. Thomson K. The Employee Revolution: Rise of Corporate Internal Marketing// Hardcover Financial Times Prentice Hall. 1990. – 180 с.

5. Друкер П. Задачи менеджмента в XXI веке / Питер Ф. Друкер; пер. с. англ. и ред. Н.М.Макаровой. – М.: Вильямс. 2000. – 270 с.

6. Магура М., Курбатова М. Секреты мотивации, или мотивация без секретов / М. Магура, М. Курбатова. М.: ИД «Управление персоналом». 2007. – 656 с.

7. Apostolou A. Employee Involvement [Electronic resource] / Apostolos Apostolou // Innoregio: dissemination of innovation and knowledge management techniques. – D. of Production Engineering & Management, Technical University of Crete, 2000. P. 1-25.

УДК 621.396.24

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ МОБИЛЬНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ

Фёдоров Павел Николаевич *– кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра военной академии связи.*

Яшин Вениамин Иванович *– кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра военной академии связи.*

Штерцер Никита Андреевич *– магистр, оператор научной роты научно-исследовательского центра военной академии связи.*

ФГКВОУ ВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Аннотация. Своевременное информирование населения о чрезвычайных ситуациях – одно из основных требований обеспечения безопасности. Существующая система оповещения не в полной мере соответствует предъявляемым к ней требованиям. Предложен альтернативный подход к решению задачи повышения мобильности технических средств системы оповещения населения в труднодоступных районах страны. Приведены аргументы в пользу создания системы оповещения населения путем использования средств коротковол-

новой радиосвязи. Показаны преимущества использования низкорасположенных стелящихся антенн для приема сигналов оповещения населения в труднодоступных районах страны.

Ключевые слова: система оповещения населения, чрезвычайные ситуации, коротковолновая радиосвязь, антенная решётка, быстроразвертываемые, низкорасположенные стелящиеся антенны, транспортировка, антенно-мачтовое оборудование.

AN ALTERNATIVE APPROACH TO INCREASING THE MOBILITY OF TECHNICAL MEANS OF THE WARNING SYSTEM

Fyodorov Pavel N. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the research center of the military Academy of communications.

Yashin Veniamin I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the research center of the military Academy of communications

Shtertser Nikita A. – Master, operator of the scientific company of the research center of the military Academy of communications

Military Academy of communication named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny of the Ministry of defense of the Russian Federation

Abstract. Timely informing of the population about emergency situations is one of the main safety requirements. The existing warning system does not fully meet the requirements for it. An alternative approach is proposed to solve the problem of increasing the mobility of technical means of the public warning system in remote areas of the country. The arguments in favor of creating a public warning system through the use of short-wave radio communication are presented. The advantages of using low-lying crawling antennas for receiving public warning signals in remote areas of the country are shown.

Keywords: public warning system, emergency situations, short-wave radio communication, antenna array, fast-deployable, low-lying creeping antennas, transportation, antenna-mast equipment.

Система оповещения населения о чрезвычайных ситуациях может быть реализована на основе применения технических средств радио, радиорелейной, тропосферной и космической связи. Практическая реализация такой системы на основе тропосферной и радиорелейной связи требует большого количества ретрансляционных пунктов. Ввиду высокой технической сложности и дороговизны организация оповещения на основе тропосферной и радиорелейной связи представляется маловероятной. Создание системы оповещения с применением наземных абонентских терминалов спутниковой связи маловероятно с учётом её высокой стоимости. Организация проводной связи для оповещения населения в условиях отдалённости и труднодоступности малых населённых пунктах является маловероятной ввиду её дороговизны. Система оповещения на основе сотовой связи применима только в крупных населённых пунктах.

Принимая во внимание огромные размеры страны и неравномерность размещения жителей на территории России, возникла необходимость в разработке альтернативного подхода для создания системы оповещения.

В качестве такого пути решения построения системы оповещения целесообразным представляется применение средств коротковолновой радиосвязи, обеспечивающей передачу информации о чрезвычайных ситуациях на большие расстояния в труднодоступные районы страны.

Существующие в настоящее время антенно-фидерные устройства коротковолновых средств радиосвязи требуют использования специализированной автомобильной техники, крупногабаритных антенно-мачтовых средств и подготовленных площадок для из развёртывания [1]. К сожалению, вышеперечисленные условия не всегда являются выполнимыми. В частности, такие условия сложно выполнить в условиях высокогорья, в условиях вечной мерзлоты, труднопроходимых дорог.

Для повышения мобильности технических средств и, как следствие, оперативности оповещения населения предлагаем применять низкорасположенные (от 0,5 до 3метров) стелящиеся антенны.

С целью снижения негативных факторов при использовании известных антенно-фидерных устройств [2], а также улучшения условий транспортировки антенн, предлагаем рассмотреть быстроразвёртываемую стелящуюся антенну, представленную на рисунке, позволяющую в короткий срок, без применения антенно-мачтового оборудования, специальной автомобильной техники доставить ее в труднодоступный район и обеспечить уверенный приём сигналов оповещения.

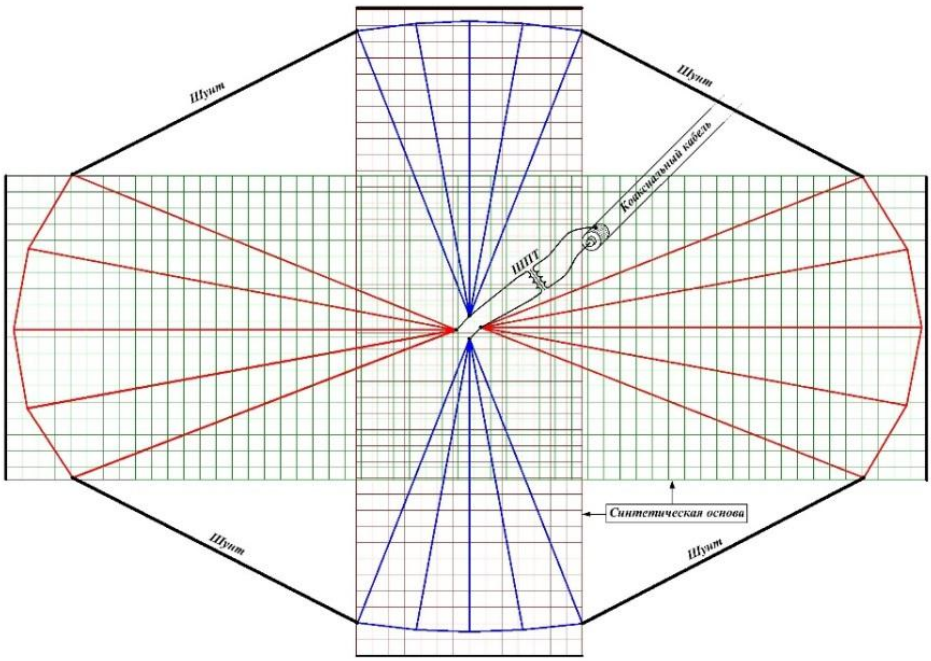


Рисунок – Внешний вид предлагаемой антенны

Данная антенна обладает следующими положительными свойствами: достаточной эффективностью, простотой конструкции, повышенной мобильностью без применения специальной автомобильной техники для её транспортировки, отсутствием громоздкого антенно-мачтового такелажа и относительной дешевизной. Антенные элементы (диполи) закреплены на синтетической основе (в виде сетки), что позволяет её быстро развернуть и свернуть в рулон. Для её доставки в труднодоступный район возможно использование легкового автомобильного транспорта с повышенной проходимостью.

На рисунке показаны два антенных элемента, размещённые перпендикулярно по отношению друг к другу. Антенна обеспечивает приём сигнала с круговой поляризацией, что увеличивает ее эффективность на 3дБ. Кроме того, применение шунта в конструкции антенны, повышает ее широкополосность.

Данная антенна может быть модифицирована путём добавления небольшого количества антенных элементов (одного-трех) и применением интеллектуальной системы фазировки, обеспечивающей существенное повышение отношения сигнал/шум + помеха на выходе антенной решётки (АР) [3,4]. Такая модификация АР необходима в районах с высоким уровнем непреднамеренных индустриальных помех [5]. Существенным является тот факт, что представленная на рисунке антенна может обеспечить уверенный приём сигнала на расстоянии до1000-3000 км.

С учётом вышеперечисленных положительных свойств разработанной антенны имеется возможность существенно снизить затраты на создание системы оповещения о чрезвычайных ситуациях, повысить мобильность пунктов приёма и передачи сигналов в труднодоступных районах Российской Федерации.

Список литературы

1. Муравьёв Ю.К. Антенные устройства для радиосвязи // Военная краснознаменная академия связи – 1973. 1973. С. 129-135.

2. Гавеля Н.П., Истрашкин А.Д. Антенны // Военная краснознаменная академия связи -1963. 1963. С. 203-205.

3. Марчук Л.А. Пространственно – временная обработка сигналов в линиях радиосвязи. – СПб.: Военная академия связи, 1991. – 135 с.

4. Щесняк С.С. Адаптивные антенны. – СПб.: ВИККА им. А.Ф. Можайского, 1996. – 611 с.

5. Абрамович Ю.И. Анализ эффективности сигнал/помеха. – Ленинград: Радиотехника и электроника, 1981. – 600 с.

УДК 004.8

ПОДХОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Комашинский Владимир Ильич *– доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе*

Тарабаев Антон Александрович *– младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем*

Королев Олег Александрович *– научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В статье описаны подходы обеспечения безопасности искусственного интеллекта. А также рассмотрены защитные технологии от атак и угроз, архитектуры защиты искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, архитектура защиты искусственного интеллекта, защита от атак, обнаружение модели, проверка модели, объяснение модели.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SAFETY APPROACHES

Komashinsky Vladimir I. – Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Research

Tarabaev Anton A. – Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems

Korolev Oleg Al. – Researcher of Laboratory of vehicle safety systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. This article describes artificial intelligence security approaches. Protective technologies from attacks and threats, the architecture of the protection of artificial intelligence are considered.

Keywords: artificial intelligence, architecture of artificial intelligence protection, protection against attacks, model detection, model verification, model explanation.

Искусственный интеллект (ИИ) обладает огромным потенциалом для построения лучшего, более умного мира, но в то же время, работая над его внедрением, мы можем столкнуться с серьезными угрозами, связанными с безопасностью. Риски безопасности существуют не только в теории, но и уже встречались в реальной жизни при развертывании ИИ. Например, злоумышленники могут создать файлы, чтобы обойти инструменты обнару-

жения на основе ИИ или добавить определённые записи в команду голосового управления умным домом для вызова вредоносных приложений. Злоумышленники также могут изменить данные, возвращаемые информационным терминалом, или, например, преднамеренно общаться с чат-ботом по определённому алгоритму, чтобы вызвать ошибку в бэкенд-системе ИИ. Если говорить об области ИТС, то можно даже наклеить небольшие наклейки на дорожные знаки или транспортные средства, которые будут способствовать ложным решениям ИИ и могут привести к катастрофе [1,2].

Чтобы уменьшить эти риски безопасности ИИ, при проектировании системы необходимо преодолеть пять проблем безопасности:

1. Безопасность программного и аппаратного обеспечения: код приложений, моделей, платформ может содержать уязвимости или бэкдоры (дефект алгоритма, который позволяет получить несанкционированный доступ к данным или удалённому управлению компьютером в целом), которые могут использовать злоумышленники, если получат к ним доступ. Кроме того, злоумышленники могут имплантировать бэкдоры в модели для запуска сложных атак. Из-за необъяснимости моделей искусственного интеллекта, бэкдоры трудно обнаружить.

2. Целостность данных: злоумышленники могут внедрить вредоносные данные на этапе обучения, чтобы повлиять на выборку моделей ИИ или добавить небольшое расхождения к входным выборкам на этапе вывода, чтобы изменить результат вывода и нарушить процесс обучения.

3. Конфиденциальность модели: поставщики услуг обычно предоставляют только сервисы запросов, не раскрывая моделей обучения. Однако злоумышленник может создать модель обучения на основе выборки запросов и полученных результатов.

4. Надежность модели: обучающие образы обычно не охватывают все возможные случаи, что приводит к недостаточной устойчивости. Поэтому модель может не дать правильного вывода на основе определенных примеров.

5. Конфиденциальность данных. В случаях, когда пользователи предоставляют ИИ данные для обучения, злоумышленники могут запрашивать данные у обученного ИИ для получения личной информации пользователей [3].

Безопасность ИИ. Многоуровневая защита

Как показано на рисунке 1, для развертывания систем искусственного интеллекта в сценариях обслуживания необходимы три уровня защиты:

6. Предотвращение и ослабление атак: разработка механизмов защиты от известных атак.

7. Безопасность модели: повысить надежность модели с помощью различных механизмов, таких как проверка модели.

8. Архитектура безопасности: создание защищенной архитектуры с несколькими механизмами безопасности.

На рисунке 2 показаны различные технологии защиты, используемые системами ИИ во время сбора данных, обучения и вывода модели.

Защитные технологии от атаки «Уклонение»

При атаке уклонения злоумышленник изменяет входные данные так, что модель ИИ не может правильно идентифицировать входные данные.

1. Сетевая дистилляция. Эти технологии работают путем объединения нескольких DNN (Deconvolutional Neural Networks – «развертывающая» нейронная сеть) на этапе обучения модели, так что результат классификации, генерируемый одной DNN, используется для обучения следующей DNN. Исследователи обнаружили, что такая работа может снизить чувствительность модели ИИ к небольшим неточностям и повысить надежность модели. Поэтому они предложили использовать технологии сетевой дистилляции для защиты от атак уклонения. Используя тесты для наборов данных MNIST и CIFAR-10, они обнаружили, что технологии дистилляции могут снизить вероятность успеха определенных атак [4].

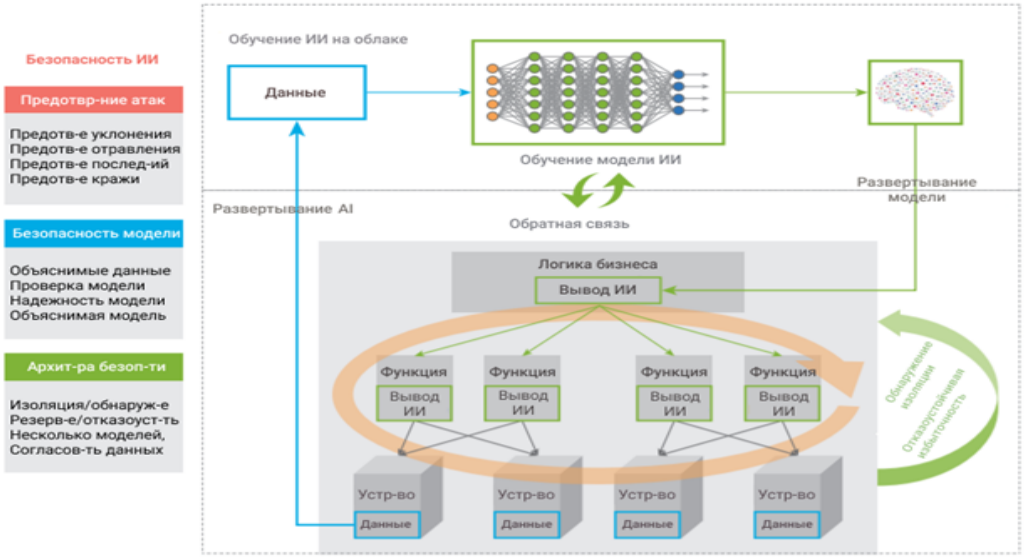


Рисунок 1 – Архитектура безопасности искусственного интеллекта

Рисунок 2 – Технологии защиты искусственного интеллекта

2. Обучение сопротивлению: эта технология работает, генерируя особые примеры, используя известные методы атаки на этапе обучения модели, добавляя сгенерированные вредоносные примеры в обучающий набор и выполняя переподготовку один или несколько раз, чтобы создать новую модель, устойчивую к данным атаки. Эта технология повышает не только надежность, но и точность новой модели, поскольку сочетание различных примеров атак улучшают данные обучающего набора.

3. Обнаружение примера атаки: эта технология идентифицирует примеры в выборке, добавляя внешнюю модель обнаружения или компонент обнаружения исходной модели на этапе вывода модели. До того, как входная выборка поступит в исходную модель, модель обнаружения определяет, является ли выборка вредоносной. Альтернативно, модель обнаружения может извлекать информацию на каждом уровне исходной модели для выполнения обнаружения на основе извлеченной информации.

Модели обнаружения могут идентифицировать вредоносные примеры на основе различных критериев. Например, в качестве критерия могут использоваться детерминированные различия между входными выборками и нормальными данными, характеристики распределения вредоносных примеров и истории входных отчетов могут использоваться в качестве основы для их выявления [5].

4. Реконструкция ввода: эта технология работает путем деформации входных выборок на этапе выведения модели для защиты от атак уклонения. Деформированный ввод не влияет на нормальную классификационную функцию моделей. Реконструкция входа может быть реализована путем добавления шума, устранения шумов или использования автоматического кодировщика для изменения входной выборки.

5. Проверка DNN. Подобно технологиям анализа программного обеспечения, технология проверки DNN анализирует атрибуты модели DNN. Например, можно проверить, что в конкретном диапазоне не существует альтернативных примеров. Тем не менее, проверка DNN является насущной проблемой и её эффективность низка. Эффективность проверки DNN может быть повышена за счет оптимизаций, таких как установление приоритетов узлов модели при проверке, совместное использование информации и выполнение проверки на основе информации определённого региона [6].

Эти технологии защиты применяются только к конкретным сценариям и не могут полностью защитить от всех проблем. Несколько технологий защиты могут быть объединены параллельно или последовательно для защиты от атак.

Защитные технологии от атаки «Отравление»

Системы ИИ обычно проходят переподготовку с использованием новых данных, собранных после развертывания, чтобы адаптироваться к изменениям в распределении входных данных. Например, система обнаружения вторжений (IDS) постоянно собирает образцы в сети и переобучает модели для обнаружения новых атак. При отравляющей атаке злоумышленник может ввести тщательно созданные образцы, чтобы загрязнить тренировочные данные таким образом, что в конечном итоге нарушает нормальные функции системы ИИ. Глубокое обучение требует огромного количества обучающих примеров, поэтому сложно гарантировать их качество.

Фильтрация обучающих данных. Эта технология ориентирована на управление наборами обучающих данных и реализует обнаружение и очистку для предотвращения воздействия отравляющих атак на модели. Этот метод может быть реализован путем выявления возможных отравленных точек данных на основе характеристик меток и фильтрации этих точек во время переподготовки или сравнения моделей для минимизации выборочных данных, которые можно использовать при атаках отравлений, и фильтрации этих данных.

Регрессионный анализ: на основе статистических методов эта технология обнаруживает шум и аномальные значения в наборах данных. Этот метод может быть реализован несколькими способами. Например, различные функции потерь могут быть определены для проверки аномальных значений или могут использоваться характеристики распределения данных.

Анализ ансамбля: эта технология подчеркивает использование нескольких подмоделей для улучшения способности системы защищаться от атак отравления. Когда система содержит несколько независимых моделей, которые используют разные наборы обучающих данных, вероятность того, что система подвергнется атакам отравления, уменьшается.

Общая способность системы защищаться от атак отравлений может быть дополнительно улучшена за счет контроля сбора обучающих данных, фильтрации данных, а также периодической переподготовки и обновления моделей.

Защитные технологии от атаки «Бэкдор»

Как и в традиционные программы, в модели ИИ могут быть встроены бэкдоры. По идее только человек, который делает бэкдоры, знает, как вызвать их; другие люди не знают об их существовании и не могут их вызвать, но на практике во многих случаях злоумышленникам удаётся получить доступ к бэкдору какими-либо способами.

Бэкдоры могут быть вызваны только тогда, когда входные данные содержат определенный шаблон, из модели трудно найти шаблон или даже определить, существует ли бэкдор. Большинство из этих атак происходят во время генерации или передачи моделей. В отличие от традиционных программ, модель нейронной сети состоит только из набора параметров, без исходного кода. Следовательно, бэкдоры в моделях ИИ обнаружить труднее, чем

в традиционных программах. Эти бэкдоры, как правило, имплантируются путем добавления определенного нейрона в модель нейронной сети.

Предварительная обработка входных данных: эта технология направлена на фильтрацию входных данных, которые могут инициировать «бэкдоры», чтобы минимизировать риск запуска «бэкдоров» и изменения результатов вывода модели.

Обрезка модели: эта технология отсекает нейроны исходной модели, сохраняя при этом нормальные функции, чтобы уменьшить вероятность того, что работают нейроны, не задействованные в задаче. Нейроны, составляющие бэкдор, можно удалить, используя обрезку, чтобы предотвратить атаки такого типа.

Защитные технологии от кражи моделей/данных

При атаке с целью извлечения модели или обучающей информации злоумышленник анализирует ввод, вывод и другую внешнюю информацию системы, чтобы спекулировать на параметрах или обучающих данных модели. Аналогично концепции «программное обеспечение как услуга» (SaaS), предложенной поставщиками облачных услуг, поставщики услуг ИИ предлагают AI-as-a-Service (AIaaS) для предоставления услуг обучения модели, логического вывода и т.д. Сервисы общедоступны, и пользователи могут использовать открытые API для распознавания изображений и голоса. Была разработана атака, в которой злоумышленник несколько раз вызывал API-интерфейсы AIaaS для кражи моделей ИИ. Эти атаки создают две проблемы. Первое – это кража интеллектуальной собственности. Сбор образцов и обучение модели требуют много ресурсов, поэтому обученные модели являются серьёзной интеллектуальной собственностью. Вторая проблема – атака уклонения, упомянутая ранее. Злоумышленники могут создавать вредоносные примеры, используя извлеченные модели.

1. Частное объединение обучающих ансамблей. Эта технология работает путем сегментирования данных обучения в несколько наборов на этапе обучения модели, каждый из которых предназначен для обучения независимой модели DNN. Затем независимые модели DNN используются для совместного обучения модели путем голосования. Эта технология гарантирует, что вывод модели не раскрывает информацию о конкретном наборе обучающих данных, что обеспечивает конфиденциальность.

2. Дифференциальная частная защита: эта технология добавляет шум к данным или моделям на этапе обучения модели. Например, некоторые ученые предлагают метод для создания градиентов с помощью дифференциальной конфиденциальности для защиты приватности данных.

3. Водяной знак: эта технология встраивает специальные нейроны в оригинальную модель на этапе обучения. Эти нейроны позволяют использовать специальный входной пример, чтобы проверить, была ли получена проверяемая модель путем кражи другой модели.

Безопасность модели ИИ

Как описано выше, существует огромное количество угроз безопасности ИИ. Атаки уклонение, отравляющие атаки и все виды методов, которые используют уязвимости и бэкдоры, не только точны, но и их очень тяжело обнаружить, что приводит к высокому риску ошибочного суждения моделями ИИ. Таким образом, в дополнение к защите от известных атак, безопасность самой модели ИИ должна быть улучшена, чтобы избежать ущерба, причиненного другими потенциальными атаками. Рисунок 3 иллюстрирует некоторые соображения относительно улучшений [7].

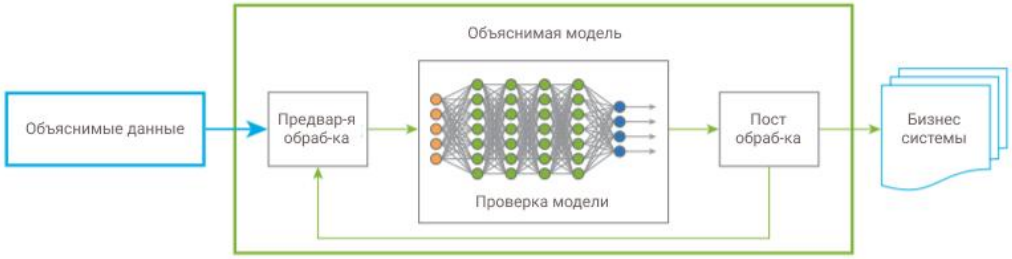


Рисунок 3 – Анализ безопасности модели

Обнаружение моделей. Как и при традиционном программном анализе в программной инженерии, модели ИИ также можно проверять с помощью некоторых технологий обнаружения, таких как «черный ящик» и «белый ящик», чтобы гарантировать некоторую степень безопасности. Однако существующие средства тестирования, как правило, основаны на открытых наборах данных, имеющих ограниченные выборки, и не могут охватывать многие случаи, возникающие при реальных развертываниях системы. Когда модели ИИ развертываются в любой системе, необходимо выполнить большое количество тестов безопасности на моделях DNN. Например, модуль предварительной обработки может использоваться для фильтрации вредоносных примеров перед подачей их в обучающую модель, или может быть добавлен модуль последующей обработки для проверки целостности выходных данных модели для дальнейшего уменьшения ложных срабатываний. С помощью этих методологий мы могли бы повысить надежность систем искусственного интеллекта перед развертыванием.

Проверка моделей. Модели DNN работают на удивление лучше, чем традиционные методы машинного обучения (например, обеспечивают более высокие показатели классификации и более низкие показатели ложноположительных результатов). Таким образом, модели DNN широко используются в приложениях для распознавания изображений и голоса. Однако следует соблюдать осторожность при применении моделей искусственного интеллекта в областях, чувствительных к безопасности, таких как ИТС и медицина. Сертифицированная проверка моделей DNN может в некоторой степени обеспечить безопасность. Проверка модели обычно требует ограничения отображения между входным пространством и выходным пространством, чтобы определить, находится ли выходной сигнал в определенном диапазоне. В этой ситуации относительно сложно реализовать конкретные меры защиты в реальных развертываниях. Принципиальная защита может быть решена только тогда, когда полностью понят фундаментальный принцип работы моделей DNN [8].

Объяснение модели. В настоящее время большинство моделей ИИ считаются сложными системами «черного ящика», у которых процесс принятия решений, логику обоснования и основу логического вывода трудно полностью интерпретировать. В некоторых приложениях, таких как игра в шахматы и машинный перевод, мы должны понимать, почему ИИ принимает то или иное решение.

Архитектура безопасности служб ИИ

При применении моделей ИИ мы должны анализировать и определять риски при использовании моделей ИИ на основе характеристик и архитектуры конкретных служб, а также разрабатывать надежную архитектуру безопасности и решения для развертывания ИИ, используя механизмы безопасности, включающие изоляцию, обнаружение, отказоустойчивость и избыточность (рисунок 4).

Что касается ИТС, например для автомобилей, если система ИИ неправильно определяет критические операции, такие как торможение, разворот и ускорение, система может серьезно угрожать жизни и имуществу человека. Поэтому мы должны гарантировать безопасность систем искусственного интеллекта для критических операций. Различные тесты безопасности, безусловно, важны, но моделирование не может гарантировать, что системы ИИ будут работать правильно в реальных сценариях. Во многих приложениях может быть трудно найти систему ИИ, которая может каждый раз давать 100% правильных ответов. Эта скрытая неопределенность делает разработку систем безопасности архитектуры системы очень важным. Система должна разрешить переход к ручному управлению или другому безопасному состоянию, когда не может принять однозначно правильное решение. Например, если медицинская система с помощью ИИ не может дать точный ответ о необходимом лекарстве и дозировке или обнаруживает возможные атаки, лучше, чтобы система ответила «Обратиться к врачу», чем предоставила неточный прогноз, который может поставить под угрозу здоровье пациента.

Рисунок 4 – Архитектура безопасности искусственного интеллекта

В целях безопасности правильное использование следующих механизмов безопасности, основанных на требованиях, необходимых для обеспечения безопасности ИИ [9-11]:

1. Изоляция. Для обеспечения стабильной работы система ИИ анализирует и определяет оптимальное решение и отправляет его в систему управления для проверки и внедрения. Как правило, архитектура безопасности должна изолировать функциональные модули и устанавливать механизмы контроля доступа между модулями. Изоляция моделей ИИ уменьшит возможности атаки для вывода ИИ, в то время как изоляция интегрированного модуля принятия решений может уменьшить атаки на него. Вывод данных ИИ может быть импортирован в интегрированный модуль принятия решений в качестве вспомогательного механизма для принятия решения и только авторизованные предложения могут входить в модуль принятия решений.

2. Обнаружение. Предпринимая непрерывный мониторинг и используя модель обнаружения атак в основной архитектуре системы, можно всесторонне проанализировать состояние безопасности сети и оценить текущий уровень риска. Когда риск высок, интегрированная система принятия решений может отклонить предложение от автоматической системы и передать управление оператору для обеспечения безопасности при атаках.

3. Отказоустойчивость: когда системе необходимо выполнять критические операции, такие как автономное управление транспортом с помощью ИИ, требуется многоуровневая архитектура безопасности для обеспечения безопасности всей системы. Достоверность результатов вывода, представленных системой ИИ, должна быть проанализирована. Когда достоверность результата ниже определенного порога, система возвращается к традиционным технологиям, основанным на чётко определённых правилах, или ручной обработке оператором.

4. Избыточность. Самым реальным методом обеспечения безопасности моделей ИИ является анализ того, была ли связь с моделью разрушена, например в результате ошибки. Для критически важных приложений можно настроить многомодельную архитектуру, чтобы ошибка в одной модели не помешала системе принять правильное решение. Кроме того, многомодельная архитектура может в значительной степени уменьшить вероятность того, что система будет полностью скомпрометирована одной атакой, это значительно повышает надежность всей системы.

Заключение

Эта статья посвящена известным типам атак на ИИ и подходам к обеспечению его безопасности.

Во-первых, атаки влияют на правильность решений ИИ, злоумышленник может саботировать, контролировать систему ИИ или преднамеренно изменять входные данные таким образом, чтобы система принимала решение, желаемое злоумышленником.

Во-вторых, злоумышленники могут украсть конфиденциальные данные, используемые для обучения системы ИИ или извлечь модель ИИ и использовать её в своих целях. Помня об этих проблемах, безопасность системы ИИ должна рассматриваться в трех аспектах: смягчение последствий атаки ИИ, безопасность модели ИИ и безопасность архитектуры ИИ. Также система ИИ, которая не является прозрачной или объяснимой, не может выполнять важные задачи, связанные с личной и общественной безопасностью т.к. не до конца известно как она работает и соответственно нельзя быть точно уверенным в результатах её работы. Прозрачность и объяснимость ИИ являются основой безопасности.

Развитие ИИ только начинает набирать обороты, поэтому вопрос безопасности как никогда актуален т.к. потенциал ИИ огромен, применение ему можно найти практически в любой области, но текущий уровень безопасности накладывает существенные ограничения на его применение.

Список литературы

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И. Информационные технологии и искусственный интеллект – основные двигатели четвертой индустриальной революции (Industrie 4.0) // Информационные технологии. 2016. Т. 22, № 12. С. 899-904.

2. Комашинский В.И., Шаталова Н.В. Транспортные технологии и глобализация в период 4-й индустриальной революции (проблемы и перспективы) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной-научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 482-490.

3. Тарабаев А.А. Проблема стандартизации интеллектуальных транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной-научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 271-278.

4. Eykholt K., Evtimov I., Fernandes E., Li B., Rahmati A., Xiao C., Prakash A., Kohno T., Song D. Robust physicalworld attacks on deep learning models in Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2018.

5. Тарабаев А.А. Проблема стандартизации интеллектуальных транспортных систем // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной-научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 289-294.

6. Jagielski M., Oprea A., Biggio B., Liu C., Nita-Rotaru C., Li B. Manipulating machine learning: Poisoning attacks and countermeasures for regression learning in IEEE Symposium on Security and Privacy (S&P). 2018.

7. Тарабаев А.А., Агеев О.Н., Егорова А.Ф. Когнитивный интернет вещей: эволюционное видение // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 249-252.

8. Papernot N., McDaniel P., Wu X., Jha S.and Swami A. Distillation as a defense to adversarial perturbations against deep neural networks in IEEE Symposium on Security and Privacy (S&P). 2016.

9. Gu S., Rigazio L. Towards deep neural network architectures robust to adversarial examples in International Conference on Learning Representations (ICLR). 2015.

10. Laishram R.,Phoha V. Curie: A method for protecting SVM classifier from poisoning attack arXiv preprint arXiv:1606.01584. 2016.

11. Allan Dafoe «AI Governance: A Research Agenda» Governance of AI Program, Future of Humanity Institute, University of Oxford, August 27. 2018.

УДК 004.056

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ОТ DDOS-АТАК С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ

Липатников Валерий Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра*

Шевченко Александр Александрович *– соискатель научно-исследовательского центра*

Омаров Руслан Гаджиевич *– оператор научной роты*

ФГКВОУ ВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного

Аннотация. Представлен анализ методов защиты информационных сетей транспортных систем от наиболее актуальных типов атак, основанных на отражении и усилении трафика. Выявлены преимущества и недостатки. Показаны направления по разработке эффективных методов защиты. Предложен способ защиты информационных сетей от DDoS-атак с прогнозированием.

Ключевые слова: DDoS-атака, статистический анализ, анализ трафика, распределенные сети.

A WAY TO PROTECT INFORMATION NETWORKS FROM DDOS-ATTACKS WITH PREDICTION

Lipatnikov Valery A. – Grand PhD in Engineering sciences, Professor, Senior Researcher of Research Centre

Shevchenko Alexander A. – PhD applicant of Research Centre

Omarov Ruslan G. – Science company operator

Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budenny

Abstract. The analysis of methods for protecting information networks of transport systems from the most relevant types of attacks based on the reflection and amplification of traffic is presented. The advantages and disadvantages are revealed. Directions for the development of effective protection methods are shown. A method for protecting information networks from DDoS attacks with prediction is proposed.

Keywords: DDoS attack, statistical analysis, traffic analysis,distributed networks.

В настоящее время, заказные DDoS-атаки превратились в выгодную и активно развивающуюся нишу сетевой преступности. DDoS нападения – вызов Internet сообществу. Поэтому задача исследования известных методов защиты информационных сетей транспортных систем от DDoS-атак является актуальной. DDos-атака (англ. Distributed Denial of Service-«распределённая атака типа «отказ в обслуживании») – выполняемая одновременно с большого числа компьютеров атака на информационную сеть (ИС), с целью довести атакуемый объект до отказа. Все DDos атаки можно разделить на два типа:

– канал связи атакуемой сети переполняется большим количеством «мусорного» трафика;

– на сервер, где размещен атакуемый ресурс, перегружается вычислительная мощность сервера и он теряет возможность обрабатывать легитимные запросы - за счет отправления большого количества «мусорных» запросов.

Проблема заключается в создании методики обеспечения безопасности сетевых ресурсов транспортных систем от DDos–атак, позволяющих проводить активное противодействие непосредственно на стороне атакуемого ресурса, и в возможности практического использования.

Методы защиты от DDos-атак можно разделить на две группы: это методы, предшествующие началу атаки, которые направлены на предотвращение самого факта атаки и методы, которые применяются уже после начала атаки, это методы активного противодействия и смягчения результатов атаки. После начала атаки используются активные меры, направленные на противодействия атаки [1].

Основными из этих мер являются наращивание ресурсов и фильтрация трафика. Наращиванию ресурсов предшествует подробный анализ загруженности сервера и сетевого сегмента с целью обеспечения «узких мест» канала связи. Если в нормальном рабочем режиме сервер расходует значительную часть канала связи, можно предположить, что в случае начала атаки, злоумышленник может добиться полного заполнения канала вредоносными запросами. В этом случае целесообразно заблаговременно увеличить пропускную способность канала связи. Выделенные в результате анализа «узкие места» наделяются дополнительными ресурсами.

Такой подход к увеличению ресурсов не является панацеей от сетевых атак, кроме того, имеет ряд минусов: наращивание ресурсов связано с изменением аппаратного комплекса и не может быть оперативно проведено в момент начала атаки; поддержание избыточных ресурсов экономически нецелесообразно в период ожидания атаки.

Исследуемые системы защиты информационных сетей от DDoS-атак

Для преодоления этих минусов рациональным является использование облачных технологий, которые позволяют наращивать ресурсы по мере надобности. Сегодня на рынке представлены предложения от хостинг–провайдеров по предоставлению услуг облачного хостинга [2]. В результате предоставления услуги клиентам предоставляется необходимое в данный момент количество ресурсов. В случае увеличения нагрузки, это может быть, как увеличение числа легитимных пользователей, так и увеличение вредоносных запросов, происходит предоставление дополнительных мощностей, позволяющих обработать каждый запрос. В результате не происходит отказа сервера. Единственным минусом данного подхода является его экономическая составляющая. Так как клиенту облачного хостинга потребуется оплачивать дополнительные мощности, т.е. по сути, платить за обработку вредоносных запросов.

В любом случае использование этого подхода напрямую нецелесообразно, так как подразумевает обработку всех запросов без исключения, в том числе и злонамеренных.

Поэтому существует группа методов, направленных на предотвращение атаки, связанная с фильтрацией трафика. Блокировка заведомо вредоносных запросов и обработка благонадежных и подозрительных позволяют существенно сэкономить средства, выделяемые на увеличение ресурсов. Для фильтрации вредоносного трафика применяются различные программные и аппаратные средства, которые базируются на количественном и качественном анализе трафика. В основе методов анализа, данных средств, лежат методы кластерного анализа и математической статистики, теории вероятности, поведенческие методы и т.д.

Компания Cisco предлагает свое решение для предотвращения сетевых атак на базе CiscoGuard [3]. Этот аппаратно-программный комплекс, взаимодействуя с детекторами аномалий трафика в режиме реального 30 времени, перенаправляет трафик, предназначенный для целевого устройства, осуществляет его анализ и фильтрацию.

Как правило, такие средства предполагают защиту всей сети в целом и обычно нецелесообразны для построения защиты единичного конечного ресурса. К другой группе можно отнести средства, которые работают на уровне атакуемых приложений. Это могут быть различные плагины или дополнительные модули, например, для web-серверов, баз данных, других сетевых сервисов.

mod_evasive [4] для web-сервера Apache позволяет проводить блокировку на основании различных правил: ограничение по адресу, количеству запросов, возможность выбрать продолжительность блокировки и т.д.

ngx_http_limit_zone_module [5] аналогичный модуль, но уже для web-сервера Nginx. Обладает сходным функционалом блокировок.

По сути, данные средства осуществляют только блокировку в соответствии с набором правил, не проводя при этом полноценный анализ трафика. То есть являются примитивными и явно недостаточными для противодействия распределенным сетевым атакам.

Существует множество методов предотвращения DDoS-атак. Часто исследователи предлагают механизмы фильтрации, например, Ingress / Egressfiltering [6], SAVE [7] и др. Фильтрация является весьма эффективным способом выявления подмены IP-адреса, что особенно актуально в тех случаях, когда используется усиление или отражение атаки. Различные методы фильтрации, применяемые на разных этапах продвижения трафика, представляют собой мощный инструмент для выявления фактов подмены адреса. Наибольшее распространение получил метод Ingress/Egress filtering, так как он позволяет выявить подмену IP-адреса и заблокировать вредоносный пакет еще до того, как он покинет локальную сеть. На основе методов фильтрации трафика были созданы более сложные гибридные механизмы защиты, такие, как TRACK [8], Active Internet Traffic Filtering (AITF) [9], StopIt [10] и др. Эти методы выявляют вредоносный трафик и отправляют на маршрутизаторы запросы на фильтрацию пакетов от подозрительного источника. Каждый из этих методов применяет различные схемы обнаружения вредоносного трафика и различные методы фильтрации. Не все методы ориентированы на случаи подмены адреса. Так, например, метод StopIt применяет фильтрацию на ближайшем к источнику трафика маршрутизаторе. Реальный путь трафика не отслеживается, и запрос на блокировку поступает к источнику, адрес которого указан в подозрительном пакете в качестве адреса отправителя. Если использовалась подмена адреса, будет осуществляться фильтрация от источника, который на самом деле может быть легитимным пользователем. Таким образом, следует уделять внимание проблеме подмены адреса и тем способам фильтрации и отслеживания реального пути трафика, которые позволяют ее выявить. Оптимальным решением для обнаружения начала атаки и последующего выявления вредоносного трафика будет являться решение, основанное на анализе аномалий, в результате которого происходит сравнение текущего состояния системы с ее нормальным состоянием. Сравнение состояний системы в DDos-атаках можно проводить путем сравнения различных свойств сетевой активности. К этим свойствам могут быть отнесены: количество запросов, тип запросов, количество запросов определенного типа или протокола, IP адрес источника, скорость поступления запросов, их время и т.д. Предложенный подход с учетом [11,12] позволяет обеспечить защиту от DDos-атак на основе использования модели прогнозирования событий. Данные о событиях безопасности формируются на уровне инфраструктуры, подлежат предварительной обработке на уровне данных, распространяются с помощью уровня событий к требуемым элементам прикладного уровня и, в конечном итоге, окончательно обрабатываются элементами этого последнего уровня.

Так же существует метод обнаружения атаки основанный на статистическом анализе трафика и его сопоставлении с шаблонным. После обнаружения атаки используется схема маркировки пакетов с целью выявления источника атаки и блокировки трафика от него. Такая схема представляет собой один из эффективных методов защиты и в случае, когда используется подмена адреса, так как отслеживается реальный путь трафика, а не выполняется блокировка трафика от указанного в пакете отправителя. При этом анализ входящего трафика на уровне приложений может быть более эффективным. С одной стороны, проведение такого анализа экономически не затратно, с другой – может быть вполне достаточным для отражения малых и средних атак, тенденция преобладания которых уже наметилась [13]. Но даже этот метод имеет свой недостаток, а именно задержка выявления атаки на ИС.

Цель исследования: повысить оперативность выявлять точку начала DDoS-атак на ранних стадиях и с требуемой точностью.

Решена задача разработки способ и алгоритм, которые должны учитывать отклонения в нагрузке, что обеспечит возможность выявлять точку начала атаки на ранних стадиях и с большей точностью. Способ защиты информационных сетей от DDoS-атак с прогнозированием предлагается реализовать на основе интеллектуального анализа данных. Предложен путь решения проблемы по внедрению в общий процесс защиты ИС методов интеллектуального анализа данных, как нейро-нечетких сетей и когнитивного моделирования для процес-

сов классификации в рамках оценки защищенности при прогнозировании целей атак и генетических алгоритмов для принятия решений по реагированию на инциденты безопасности. Результаты проведенных экспериментов показали, что предложенный способ обеспечивает высокую точность классификации текущего и прогнозируемого состояния ИС.

Разработанные решения в своей совокупности обеспечивают повышение значений показателей своевременности. Предложенный способ позволяет получить методику и алгоритм обеспечения безопасности сетевых ресурсов от DDoS-атак, позволяющих проводить активное противодействие непосредственно на стороне атакуемого ресурса.

Заключение

DDoS нападения – вызов Internet сообществу. Предложено усовершенствование метода выявления и противодействия угрозам безопасности информации при DDOS-атаках. В то время как существует большое количество программ для предотвращения DDoS атак, большинство из них не применимо для небольших сетей или провайдеров. В конечном счете, вы сами должны защититься от DDoS. предложено реагировать на нападение – идентифицируя трафик, разрабатывая ИС и осуществляя фильтры. Предложен интеллектуальный комплекс фильтрации трафика. Контроль и прогнозирование, безусловно, лучшие методы для того, чтобы смягчить будущие DDoS нападения.

Список литературы

1. Предотвращение атак с распределенным отказом в обслуживании (DDoS). URL: http://www.cisco.com/web/RU/ products/ps5887/products_white_paper0900aecd8011e927_.html (дата обращения 01.10.2019).

2. URL: http://aws.amazon.com/ec2/ (дата обращения 01.10.2019).

3. Cisco Guard DDoS Mitigation Appliances. URL: http://www.cisco.com/web/RU/products /ps5888/index.html (дата обращения 01.10.2019).

4. Mod_evasive – защита от DOS и DDoS-атак. URL: http://muff.kiev.ua/content/ modevasive-zashchita-ot-dos-i-ddos-atak (дата обращения 1.10.2019).

5. Модуль ngx_http_limit_zone_module. URL: http://nginx.org/ru/docs/http/ ngx_http_ limit_zone_module.html (дата обращения 01.10.2019).

6. Ferguson P. Network ingress filtering: Defeating denial of service attacks which employ IP source address spoofing. 2000. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc2827.html (дата обращения 01.10.2019).

7. Li J. SAVE: Source address validity enforcement protocol // INFOCOM 2002. Twenty-First Annual Joint Conf. of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE. 2002. Vol. 3. P. 1557-1566.

8. Chen R., Park J. M., Marchany R. TRACK: A novel approach for defending against distributed denial-ofservice attacks. 2006. URL: http://www.researchgate.net/profile/Jung-Min_Jerry_Park/publication/228471222 TRACK_A_Novel_Approach_for_Defending_ Against_ Distributed_Denial-of-Service_Attacks/links/0a85e53454bbb9a d32000000.pdf. (дата обращения 01.10.2019).

9. Argyraki K., Cheriton D. R. Scalable network-layer defense against internet bandwidth-flooding attacks // IEEE/ACM Transactions on Networking (TON). 2009. Vol. 17, № 4. P. 1284-1297.

10. Furfaro A. Modelling and simulation of a defense strategy to face indirect DDoS flooding attacks // Internet and Distributed Computing Systems Conf., Calabria, Italy. Springer International Publishing. 2014. P. 263-274.

11. Navaz A. S. S., Sangeetha V., Prabhadevi C. Entropy based anomaly detection system to prevent DDoS attacks in cloud // Intern. J. Of ComputerApplications. 2013. Vol. 62, № 15. P. 42-47.

12. Липатников В.А., Шевченко А.А. Способ контроля уязвимостей при масштабировании автоматизированной системы менеджмента предприятия интегрированной структуры // Информационные системы и технологии. 2016. № 2 (94). С. 128-140.

13. Korshunov G.I., Lipatnikov V.A., Shevchenko A.A. Decision support systems for information protection in the management of the information network. Fuzzy Technologies in the Industry. FTI 2018. 23-25 October. 2018. Ulyanovsk (Russia). P. 418-426.

УДК 004.7

СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЁННОГО СЕТЕВОГО КОНТРОЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Липатников Валерий Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра*

Шевченко Александр Александрович *– соискатель научно-исследовательского центра*

Сорокин Михаил Александрович *– адъюнкт*

ФГКВОУ ВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного

Аннотация. Рассматривается подход к разработке способа распределённого сетевого контроля информационно-телекоммуникационной сети транспортных систем с применением графовой модели. На основе анализа релевантных работ в области информационной безопасности сетей и полученных выводов предлагается структура распределённой системы сетевого контроля сети и алгоритм её работы.

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная сеть, кибербезопасность, киберустойчивость информационная безопасность, сетевого контроль, мониторинг уязвимостей, цифровой поток.

A METHOD OF DISTRIBUTED CONTROL OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS OF TRANSPORT SYSTEMS

Lipatnikov Valery A. – Grand PhD in Engineering sciences, Professor, Senior Researcher of Research Centre

Shevchenko Alexander A. – PhD applicant of Research Centre

Sorokin Mikhail A. – adjunct

Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budenny

Abstract. The article considers the approach to development of a way of distributed information and telecommunication network control using a graph model. A structure of a distributed network control system and its operation algorithm are suggested based on an analysis of relevant researches.

Keywords: information and telecommunication network, cybersecurity, cyber resilience, information security, network control, vulnerability monitoring, digital thread.

Всё более популярными становятся понятия Индустрия 4.0, четвертая промышленная революция и они становятся уже не просто словами, за ними стоят реальные проекты, которые входят в нашу жизнь. Четвертая промышленная революция представляет собой объединение промышленности и цифровых технологий, приводящее к созданию цифровых производств, умных заводов и фабрик, а также современных транспортных систем, где все устройства, машины, продукция и люди общаются между собой посредством цифровых технологий и интернета. По мере возрастания сложности современных киберсистем Индустрии 4.0, у них возникают новые особые свойства, не присущие её элементам, а также сумме элементов,

не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов информационно-телекоммуникационных сетей (ИТКС) [1].

Особую роль играют системные свойства: киберустойчивость, управляемость, самоорганизация, проактивная кибербезопасность (КБ) и адаптивность. Здесь каждое из перечисленных свойств является предметом исследования кибернетики и каждое последующее свойство имеет смысл лишь при наличии предыдущего.

В настоящей статье представлено решение задачи разработки системы сетевого контроля для обеспечения КБ и киберустойчивой ИТКС в условиях ранее неизвестных разнородно-массовых вторжений злоумышленников.

Сетевой контроль (СК) и мониторинг часто используется организациями для определения надежности и качества их сетевых услуг. В то же время, эта функция может применяться для поиска значительных условий сетевого потока и выявления вредоносных действий в сети. В целом, организации должны делать следующее:

– понимать трафик/сетевой поток – что нормально, а что – нет;

– использовать инструменты управления сетью для выявления скачков трафика, “необычных” портов передачи трафика, убедиться, что есть доступные инструменты для определения и реагирования на такие случаи;

– тестировать возможность ответного действия до того, как они могут понадобиться. Улучшать техники ответного действия, инструменты и процессы, основанные на результатах постоянного обучения;

– понимать каждый случай в индивидуальном порядке – если обычно неактивный пользователь начинает неожиданно использовать 100% пропускной способности сети, может быть необходимо изолировать такого пользователя до выяснения причины такого поведения. Изоляция сети может помочь предотвратить распространение вредоносного программного обеспечения (ПО) и потенциальных нарушений безопасности связи (НБС), однако некоторые действия могут требовать согласие пользователя или обновления в плане обслуживания;

– рассматривать мониторинг активности в сетях, таких как DNS или фильтры рассылок, которые могут быть использованы для ослабления устройств путем взлома их вредоносным ПО, но, по каким-либо причинам, не были определены антивирусами или службами IDS.

В статье [2] рассматривается способ информационной безопасности (ИБ) путем реализации ложной сети на основе выделенного сервера с контейнерной виртуализацией. Однако, при управлении ИТКС не используются данные СК.

В статье [3] рассматривается способ контроля уязвимостей при масштабировании ИТКС предприятия интегрированной структуры без учета сетевого контроля.

В статье [4] рассматривается метод адаптивного управления защитой ИТКС на основе анализа динамики действий нарушителя, но не уточняется сетевой контроль, результатом которого является информация о нарушениях безопасности связи в ИТКС.

При исследовании данных способов защиты недостаточно внимания уделено СК, который включает сценарии внешних и внутренних вторжений. Возникает противоречие между новыми средствами вторжения и существующими способами защиты. Поэтому задача моделирования сетевого контроля и определение способов защиты ИТКС от вторжений актуальна.

Обеспечение сетевого контроля для управления КБ названных систем, в основном, ориентировано на оценку вероятности возникновения инцидентов, предотвращение возможных угроз безопасности и выявление НБС. Но обеспечение киберустойчивости в большей степени направлено на сохранение целевого поведения и работоспособности киберсистем в условиях как известных, так и ранее не известных кибератак без учета многоуровневого СК.

Целью данной работы является определение направлений совершенствования систем сетевого контроля для обеспечения КБ.

Задача: разработать способ распределённого СК ИТКС в условиях стохастической неопределенности, с учетом выводов источников.

Условия и ограничения: способ распределённого СК ИТКС должен содержать: мониторинг обстановки, оперативный СК, распознавание последовательности действий нарушителя, моделирование стратегии воздействия нарушителя, процесс определения ситуационных параметров во взаимной противоборствующей обстановке с достоверным прогнозом стратегии вторжений.

Решение

Предлагается структура распределённой системы СК ИТКС, представленная на рисунке 1.

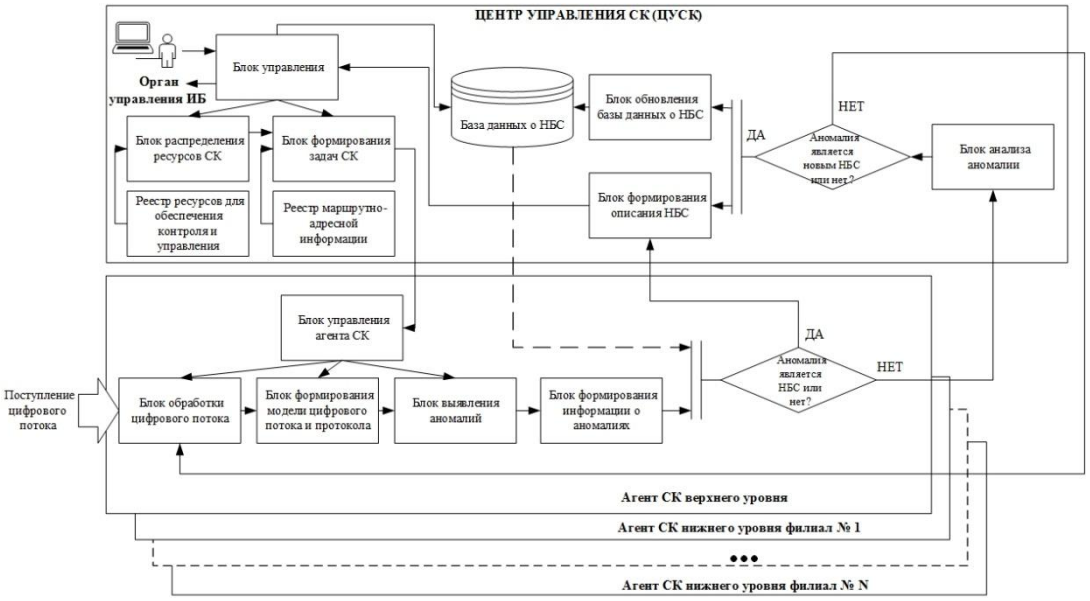


Рисунок 1 – Структура распределённой системы СК ИТКС

Структура процесса сетевого контроля и мониторинга обстановки ИТКС реализуется тем, что ЦП поступает в распределённую систему СК, после чего происходит обработка цифрового потока (ЦП). Система СК выделяет из всего ЦП только тот, который попадает под определенные признаки. Затем происходит формирование моделей. После чего происходит выделение признаков моделей и их дальнейший анализ. Анализ осуществляется за счет уже имеющихся баз данных обнаруженных ранее и вновь выявленных угроз. На основе анализа происходит формирование информации о НБС, после чего собранные данные являются основой для принятия решений администратором безопасности ИТКС. В случае соответствия ЦП критериям угроз, производится анализ моделей угроз, после чего производится принятие решений по защите ИТКС. Когда не удается однозначно определить какого рода ЦП, то он отсеивается (блокируется), и далее запросы такого рода анализируются, после чего принимаются меры по разрешению или запрете доступа. Далее производится обновление баз данных с учетом обнаруженных инцидентов.

На рисунке 2 изображен обобщённый алгоритм функционирования распределённой системы СК.

Данный алгоритм включает в себя 2 параллельных процесса.

Первый процесс представляет собой тестирование ИТКС посредством распределённых сетевых агентов с целью выявления и анализа аномалий, формирование информации о аномалиях и выявления в последующем НБС и представляет собой замкнутый, циклический процесс.

Второй процесс представляет собой анализ ЦП с выявлением аномалий и последующим анализом выявленного НБС. На основании классификации НБС строится модель угроз и принимаются меры по защите. Данный метод помогает защитить ИТКС, за счет анализа НБС и принятия рациональных мер по устранению выявленных НБС.

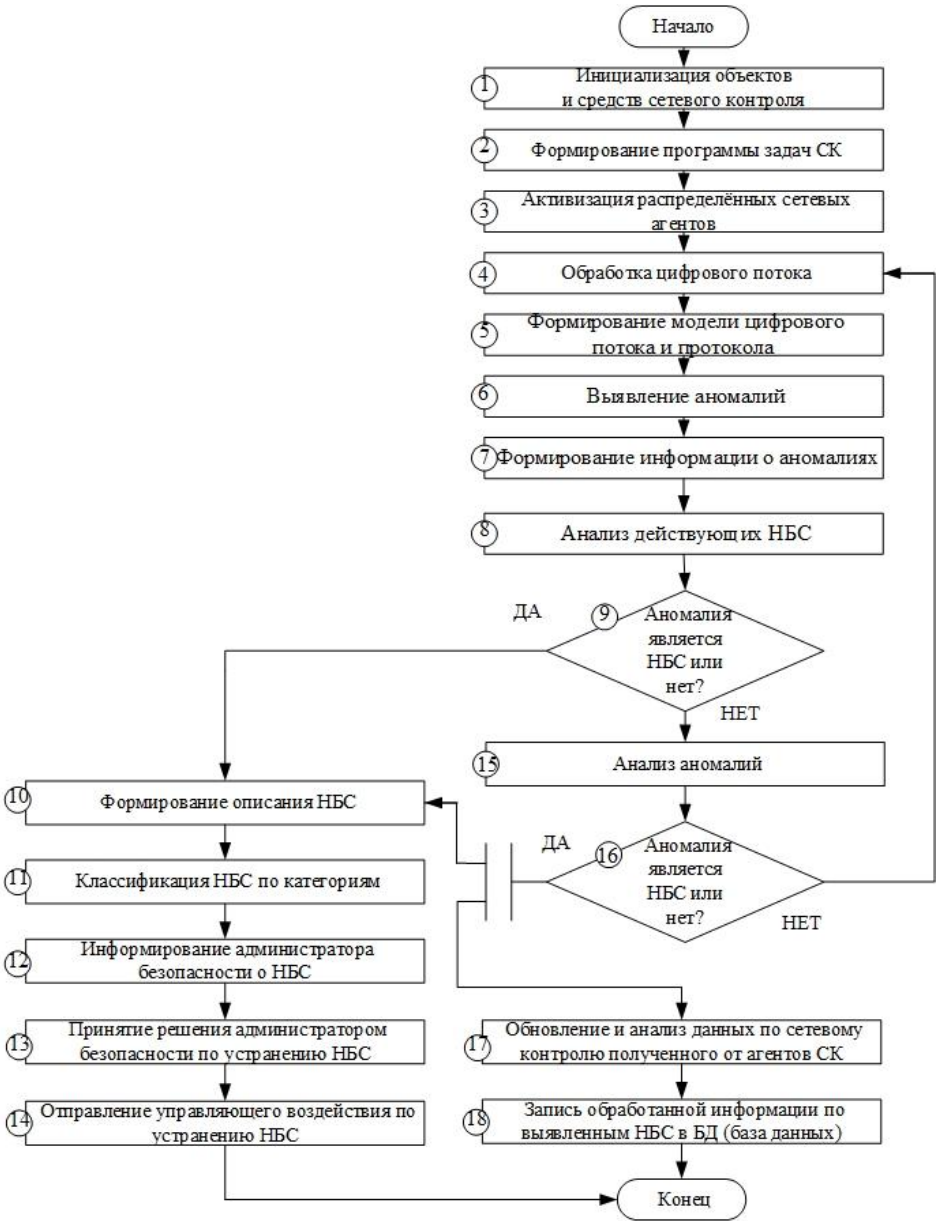


Рисунок 2 – Обобщенный алгоритм функционирования распределённой системы СК

Заключение

Характерной чертой предложенного способа является эффективность функционирования системы СК, за счёт *n*-ого количества агентов контроля и пропускной способности подсистема сбора, обработки материалов контроля. Процесс сетевого контроля и анализа ЦП соединения ИТКС транспортной системы учитывает свойства структуры ЦП, передаваемого в канале связи. Способ распределённого СК ИТКС с учетом выводов источников содержит мониторинг обстановки, оперативный СК, распознавание последовательности действий нарушителя, моделирование стратегии воздействия нарушителя, процесс определения ситуационных параметров во взаимной противоборствующей обстановке с достоверным прогнозом стратегии вторжений.

Способ распределённого СК ИТКС, отличается от известных, основанных на использовании специальных мер защиты, тем, что предложен многоуровневый СК, который позволит анализировать цифровой поток в режиме реального времени на различных уровнях системы, выявлять ранее неизвестные нарушения КБ и оперативно реагировать на выявление киберугрозы ИТКС.

Предложенный способ за счёт проактивных методов позволит обеспечить безопасность транспортных систем для рядовых граждан.

Список литературы

1. Капто А.С. Кибервойна: генезис и доктринальные очертания // Вестник РАН. 2013. № 7. С. 616.

2. Липатников В.А, Шевченко А.А, Яцкин А.Д, Семенова Е.Г. Управление информационной безопасностью организации интегрированной структуры на основе выделенного сервера с контейнерной виртуализацией // Информационно-управляющие системы. 2017. № 4 (89). С. 67-76. DOI:10.15217/issn1684-8853.2017.4.67.

3. Липатников В.А., Шевченко А.А. Способ контроля уязвимостей при масштабировании автоматизированной системы менеджмента предприятия интегрированной структуры // Информационные системы и технологии. 2016. № 2 (94). С. 128-140.

4. Коршунов Г.И., Липатников В.А., Шевченко А.А., Малышев Б.Ю. Метод адаптивного управления защитой информационно-вычислительных сетей на основе анализа динамики действий нарушителя // Информационно-управляющие системы. 2018. № 4. С. 61-72. DOI:10.31799/1684-8853-2018-4-61-72.

УДК 004.048

ОБНАРУЖЕНИЕ DOS/DDOS-АТАК НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Евглевская Наталья Валерьевна *– кандидат технических наук, преподаватель кафедры безопасности инфокоммуникационных систем специального назначения*

Лаута Олег Сергеевич *– кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры безопасности инфокоммуникационных систем специального назначения*

Михаил Иван Иванович *– кандидат педагогических наук, начальник кафедры физической подготовки*

ФГКВОУ ВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного

Аннотация. В связи с бурным развитием сквозных цифровых технологий, одной из которых является промышленный интернет вещей, остро встает вопрос обеспечения защиты информационной инфраструктуры от компьютерных атак. В статье представлен обоснованный выбор метода обнаружения атак «Отказ в обслуживании», основанный на использовании искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: *цифровая железная дорога, информационная безопасность, информационная технология, искусственная нейронная сеть, компьютерная атака, метод обнаружения атак, DoS-атака, DDoS-атака*.

DOS/DDOS-ATTACK DETECTION ON THE BASIS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD

Evglevskaya Natalya V. – Ph.D. in Engineering Science, Lecturer of the Department of Security of Special Purpose Information and Communications Systems

Lauta Oleg S. – Ph.D. in Engineering Science, Senior Lecturer of the Department of Security of Special Purpose Information and Communications Systems

Mikhail Ivan I. – Ph.D. in Pedagogy, Head of the Department of Physical training

Military Telecommunication Academy named after the Soviet Union Marshal Budienny S.M.

Abstract. Due to the rapid development of end-to-end digital technologies, one of which is the industrial Internet of Things, the ensuring issue of the information infrastructure protection from computer attacks is on the front burner. A reasonable choice of «Denial of Service» attacks detection method based on the usage of artificial neural networks is provided in the article.

Keywords: digital railway, information security, information technology, artificial neural network, computer attack, attack detection method, DoS-attack, DDoS-attack.

19 марта 2019 г. Председателем Правительства Российской Федерации Д.А. Медведевым была утверждена долгосрочная Программа развития Открытого Акционерного Общества «Российские железные дороги» до 2025 года, распоряжение № 466-р. Одной из задач Программы является обеспечение перехода на «Цифровую железную дорогу», в рамках которой планируется формирование сквозных цифровых технологий организации перевозочного процесса для повышения эффективности железнодорожных перевозок и инфраструктуры.

К 2025 году в технологические процессы открытого акционерного общества «Российские железные дороги» будут встроены системы интернета вещей, обработки больших данных, распределенного реестра, цифрового моделирования, искусственного интеллекта. Актуальной также является задача внедрения централизованных средств обеспечения информационной безопасности на базе импортонезависимых решений [1].

Согласно [2], под цифровой железной дорогой холдинга «РЖД» понимается совокупность информационных технологий, процессов и стандартов взаимодействия, отвечающих трем бизнес-принципам: полная согласованность; бизнес в режиме онлайн; управление сервисами во всех областях деятельности холдинга, и использующих современные механизмы обеспечения информационной безопасности.

Обеспечение информационной безопасности информационной инфраструктуры холдинга «РЖД» при реализации проекта «Цифровая железная дорога» должно осуществляться посредством выполнения организационно-технических мероприятий по защите информации, целью которых является прогнозирование, обнаружение, блокирование (нейтрализация) угроз информационной безопасности [2].

На сегодняшний день известно более десяти тысяч различных видов компьютерных атак. Широкое распространение по причине простоты реализации, малой себестоимости, отсутствия необходимости в специальной подготовке и глубоком знании языков программирования и информационных технологий, получили атаки «Отказ в обслуживании» (Denial of Service, DoS) [3].

DoS-атакой является сетевая атака, приводящая к блокированию информационных процессов в системе [4]. Если атака выполняется одновременно с большого числа компьютеров, говорят о распределённой атаке «Отказ в обслуживании» (Distributed Denial of Service, DDoS). Пример типовой DDoS-атаки представлен на рисунке [3].

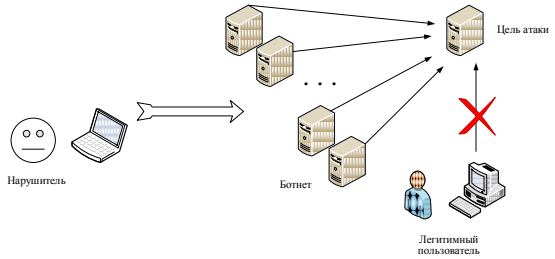


Рисунок – Принцип организации DDoS-атаки

Цель DoS/DDoS-атаки – нарушить работоспособность (доступность) сетевого устройства, захватить все ресурсы атакуемого устройства, чтобы другие пользователи не имели к ним доступа. К ресурсам относятся, например, оперативная память, процессорное время, дисковое пространство, сетевые ресурсы [5]. При этом целостность и конфиденциальность обрабатываемой информации остаются без изменений.

Нарушитель может достичь своей цели разными способами, но в основном все сводится к перегрузке атакуемого ресурса большим количеством запросов. В результате жертва не может нормально выполнять свои функции.

На сегодняшний день существуют различные методы обнаружения атак.

В таблице представлен сравнительный анализ некоторых из них.

Таблица – Некоторые методы обнаружения атак

Название метода	Достоинство	Недостаток
Сигнатурный метод	Поиск атаки занимает мало времени Высокая достоверность Сигнатуры отражают сложные взаимосвязи	- Сложность построения программы сигнатурного анализатора - Проверка контрольных сигнатур - Требуется формирование постоянной актуализации базы сигнатур - Сигнатурные системы плохо приспособлены для обнаружения новых, еще неизвестных атак
Экспертные системы	Устойчивость к выбросам в исходных данных Устойчивость и воспроизводимость результатов Простота реализации Скорость функционирования Практически полное отсутствие ложных тревог	- Сложность формализации знаний - Описывают только последовательность шагов - Неспособность к обнаружению неизвестных атак - Небольшие изменения в атаке приводят к невозможности ее обнаружения - Система зависит от квалификации специалистов, заполняющих базу знаний - Экспертные системы требуют постоянного обновления базы данных
Нейронные сети	Решение задач при неизвестных закономерностях Устойчивы к шумам во входных данных Адаптируемы к изменениям окружающей среды Способны быстро формировать решения Способны к самообучению Способны обнаруживать неизвестные атаки Способны прогнозировать поведение пользователя и появление новых атак	- Обучение на основе тестового набора данных - Нехватка обучающего материала

Любое разделение атаки либо во времени, либо среди нескольких нарушителей является сложным для обнаружения с помощью экспертных систем. Из-за большого количества различных видов DoS/DDoS-атак, алгоритмов их реализации, даже постоянные обновления базы данных правил экспертной системы никогда не дадут гарантии точной идентификации всего диапазона атак.

Использование нейронных сетей является одним из способов преодоления указанных проблем экспертных систем. В отличие от экспертных систем, которые могут дать пользователю определенный ответ, соответствуют или нет рассматриваемые характеристики заложенным в базу данных правилам, нейросеть проводит анализ информации и предоставляет возможность оценить, согласуются ли данные с характеристиками, которые она научена распознавать [6,7]. Преимуществом использования нейросетей при обнаружении атак является гибкость, которую они предоставляют. Нейросеть способна анализировать данные, получаемые от сети, даже если эти данные являются неполными или искаженными, обладает возможностью проводить анализ данных в нелинейном режиме.Нейронные сети не ограничены знаниями, которые заложил в них разработчик. Они имеют возможность учиться на предшествующих событиях – как на аномальном, так и на нормальном трафике. За счет этого достигается высокая эффективность и адаптивность систем обнаружения атак, разработанных на основе нейронных сетей. Наиболее подходящим типом искусственных нейронных сетей для решения задачи прогнозирования DoS/DDoS-атак является рекуррентная искусственная нейронная сеть. Своевременно прогнозируя различные компьютерные атаки, в том числе DoS/DDoS-атаки, на основе метода искусственных нейронных сетей, можно своевременно подготовить перечень рациональных организационно-технических мероприятий по обеспе-

чению требуемого уровня защищенности информационной инфраструктуры холдинга «РЖД».

Список литературы

1. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 19 марта 2019 г. № 466-р. – 135 с.

2. Концепция реализации комплексного научно технического проекта «Цифровая железная дорога». Москва. 2017. – 92 с.

3. Бекбаев Г.А., Привалов А.А., Турдиев О.А. Подход к моделированию процесса DDoS-атаки на информационно-телекоммуникационную сеть железнодорожного транспорта // Вестник СГУПС. 2018. Вып. 1. С. 100-108.

4. DDoS-атаки в четвёртом квартале: WordPress и 900 камер. URL: https://www.kaspersky.ru/blog/ddos-ataki-v-chetvyortom-kvartale-wordpress-i-900-kamer/3527/ (дата обращения 11.03.2018).

5. Атаки DoS и DDoS. URL: https://safe-surf.ru/users-of/ (дата обращения 15.11.2018).

6. Галицкий А.В., Рябко С.Д., Шаньгин В.Ф. Защита информации в сети. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 616 с.

7. Лукацкий А. Обнаружение атак. – СПб.: Сибр, 2014. – 563 с.

УДК656.06

КОНТРОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Юров Александр Павлович *– кандитат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель генерального директора*

Иванов Илья Игоревич *– заместитель начальника отдела*

Макаев Дмитрий Владимирович *– инженер*

Акционерное общество «НЕЙРОКОМ»

Аннотация. Известно, что основное число аварий и происшествий на транспорте связано с человеческим фактором. Для снижения рисков негативного проявления человеческого фактора целесообразно применять комплексный подход. В статье представлены методы и средства реализации комплексного подхода для повышения безопасности движения.

Ключевые слова: транспорт, человеческий фактор, водитель, психофизиологическое тестирование, предрейсовый осмотр, бдительность, внимание, безопасность движения.

CONTROL OF HUMAN FACTOR AS A MEANS OF IMPROVING ROAD SAFETY

Yurov Alexander P. – Ph.D., Deputy CEO

Ivanov Ilya I. – Deputy Head of Department

Makaev Dmitriy V. – engineer

NEUROCOM

Abstract. It is known that about 80 percent of road crashes are caused by a human factor. To reduce the risks of negative influence of human factor, it is expedient to apply an integrated approach. The article presents methods and means for implementing an integrated approach to improve road safety.

Keywords: transport, human factor, driver, psychophysiological testing, pre-trip inspection, vigilance, road safety.

Согласно статистике, около 80% аварий различных технических систем, в том числе ДТП, происходит по причине человеческого фактора. В связи с этим в основе концепции системы безопасности на транспорте должен лежать контроль работы оператора, как наименее надежного и наиболее изменчивого элемента. Такая задача имеет только комплексное решение. Прежде всего, это выявление пригодности или непригодности человека для выполнения данной операторской деятельности; затем определение его готовности к работе и, наконец, контроль его состояния в процессе выполнения работы. На всех этапах контроля человеческого фактора авторами рекомендуется использовать аппаратные средства, позволяющие повысить объективность и достоверность оценок.

При подборе персонала необходимо оценивать уровень профессионально важных качеств (ПВК). Если рассматривать профессию водителя, то к этим качествам можно отнести: склонность к риску, уровень восприятия скорости и расстояния, концентрацию внимания, стрессоустойчивость, монотоноустойчивость, эмоциональную устойчивость. Количественная оценка ПВК позволяет с большой достоверностью судить о пригодности тестируемого водителя к управлению транспортным средством и о возможной предпочтительности маршрутов для данного водителя (перевозка пассажиров или грузов, движение в городе или за городом, перевозка опасных грузов). Использование для оценки ПВК аппаратно-программного комплекса позволяет максимально объективно выявить сильные и слабые качества водителя и принять взвешенное решение о приеме на работу.

Следующий этап – это проверка текущего функционального состояния водителя, т.е. предрейсовый контроль при помощи автоматизированной системы экспертного определения состояния здоровья (ЭкОЗ). Система ЭкОЗ предназначена для экспресс-оценки параметров, характеризующих текущее общее состояние организма и его отдельных систем, обеспечивающих необходимую профессиональную работоспособность. При значительном отклонении этих параметров от нормы системой выдается рекомендация о неработоспособности обследуемого. Обследование производится в автоматическом режиме за 5 минут. Одновременно проходить предрейсовый контроль могут 4 человека, что существенно увеличивает пропускную способность одного пункта медицинского контроля. Все результаты прохождения медицинского контроля хранятся в защищенной базе данных, с возможностью их передачи на сервер. Комплекс ЭкОЗ позволяет медицинскому работнику при принятии решения о готовности данного водителя к рейсу опираться на объективную картину текущего состояния здоровья.

Завершающим звеном комплексного подхода является система мониторинга состояния водителя в рейсе. Главная задача подобных систем – определить момент перехода водителя в состояние релаксации. В таблице собраны данные о параметрах методик контроля бодрствования водителя, оцененных по литературным источникам и проверенных в экспериментах по засыпанию на симуляторе вождения автомобиля и/или в условиях простых монотонных действий (p – вероятность опасного отказа, 1/час).

Для исследований по каждой из методик создавались экспериментальные установки для измерения физиологических и поведенческих параметров физическими методами. Самым надёжным, с точки зрения опасного отказа, оказался контроль состояния водителя методом регистрации электродермальной активности [1]. Электродермальная активность (ЭДА) – это изменение сопротивления между двумя электродами, наложенными на кожу руки человека в области пальцев, ладони или запястья. ЭДА характеризует психоэмоциональное состояние человека, в частности уровень бодрствования. В ходе проведения поведенческих экспериментов с помощью специальной методики по созданию монотонии было установлено, что имеет место явление исчезновения специфических импульсов ЭДА перед появлением ошибок оператора, связанных с засыпанием. При этом в эксперименте были получены количественные результаты, которые позволили с достоверностью 0,9999 утверждать, что если расстояние между импульсами ЭДА не превышает 60 секунд, то человек находится в

состоянии активного бодрствования [2]. Именно этот результат и послужил основой разработки системы для непрерывного контроля психофизиологического состояния водителя в пути, получившей название «Вигитон» [3] (рисунок).

Таблица – Методы, определяющие наличие предвестников сна и глубокой релаксации

Технология оценки состояния бодрствования	*p*
Изменение «почерка вождения»	0,3
Рациональные действия	0,3
Пульс	0,3
Поза (тонус мышц)	0,2
Направление взгляда	0,2
Наклоны головы (тонус мышц)	0,1
Речь	0,1
Окулограмма	0,05
Моргания	0,02
Микросаккады (потенциально)	0,001
ЭДА (47 млн. человеко-часов без аварий)	0,0001

Рисунок – Комплекс контроля психофизиологического состояния водителя

Система включает в себя: видеокамеру для наблюдения за глазами водителя; носимую часть, выполненную в виде браслета; стационарный блок и кнопку обратной связи. Носимая часть снабжена электродами, посредством которых с человека непрерывно считывается информация об электрическом сопротивлении его кожи. Данные передаются в стационарный блок, где с помощью уникального алгоритма из них выделяются специфические импульсы ЭДА и определяется уровень бодрствования человека. Также стационарный блок получает информацию о рациональных действиях водителя по управлению транспортным средством, таких как нажатие на педаль тормоза, использование указателей поворота, включение ручного тормоза, а также осуществляет передачу данных о состоянии водителя диспетчеру в реальном времени.

Функционирование комплекса происходит следующим образом: в случае фиксации камерой закрытых глаз на время более 3 с либо при снижении уровня электродермальной активности до критической величины водителю выдаётся запрос на подтверждение бдительности в виде световой индикации, далее звукового сигнала возрастающей громкости. Водитель обязан подтвердить свою работоспособность нажатием на кнопку обратной связи. Если в течение семи секунд подтверждения не происходит, то диспетчеру отправляется сообщение о том, что водитель на данном транспортном средстве не реагирует на запросы системы. После получения такого сообщения диспетчер запрашивает детальную информацию о транспортном средстве: его координаты, маршрут движения, текущую скорость. Далее диспетчером

принимается решение: отправить ли водителю текстовое сообщение или связаться с ним по телефону и выяснить, нужна ли помощь.

Результаты эксплуатации систем на транспортных предприятиях показали, что комплексный подход к решению вопросов безопасности движения в связи с «человеческим фактором» позволяет повысить эффективность работы человека-оператора и снизить аварийность, что обеспечит сохранность грузов, жизни и здоровья пассажиров.

Список литературы

1. Ogilvie R.D., Simons I.A., Kuderian R.H., MacDonald T., Rustenburg J. Behavioral, event-related potential, and EEG/FFT changes at sleep onset. 1991. № 28. Pp. 211-224.

2. Dorokhov V.B., Dementienko V.V., Koreneva L.G., Markov A.G., Shakhnarovitch V.M. On the possibility of using EDR for estimation the vigilance changes. / Int. J. Psychophysiol. – 1998. Vol. 30, № 1-2. Pp. 211-224.

3. Способ контроля уровня бодрствования человека и устройство для его осуществления. Патент на изобретение № 2025731.

УДК 331.363

УКРЕПЛЕНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ВНУТРИОРГАНИЗАЦИОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

Иванова Мария Олеговна *– кандидат экономических наук, заведующая кафедрой истории и управления персоналом*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

Истомина Алиса Алексеевна *– представитель авиакомпании в аэропорту*

Представительство Авиакомпании Чешские Аэролинии

Аннотация. В организациях с традиционно сильными корпоративными культурами деятельность наемного персонала характеризуется высокой производительностью труда и снижением уровня текучести кадров. Для организаций воздушного транспорта необходимо иметь не только квалифицированный персонал, но и замотивированный на достижение целей, в том числе, по обеспечению безопасности. При подготовке авиационного персонала в учебных центрах дополнительно к обучению, соответствующему виду профессиональной деятельности, целесообразно включать обучающий модуль «Корпоративная культура», позволяющий содействовать формированию корпоративной идентичности персонала.

Ключевые слова: подготовка авиационного персонала, обучающие программы, корпоративная культура.

STRENGTHENING THE CORPORATE CULTURE WITH THE PASSAGE OF IN-HOUSE TRAINING PROGRAMS

Ivanova Maria O. – PhD, Head of the Department of history and personnel management

St. Petersburg state University of civil aviation

Istomina Alice A. – airline representative at the airport

Czech Airlines Representative Office

Abstract. In organizations with traditionally strong corporate cultures the activities of hired personnel are characterized by high productivity and reduced turnover. For air transport organizations, it is necessary to have not only qualified personnel, but also motivated to achieve goals, including security. When training aviation personnel in educational centers in addition to training,

the appropriate type of professional activity, it is advisable to include a module «Corporate culture», which allows to promote the formation of corporate identity of personnel.
Keywords: aviation personnel training, training programs, corporate culture.

В организациях воздушного транспорта традиционно существуют проявления сильных корпоративных культур. Чаще всего их внешнюю составляющую можно наблюдать на примере крупных авиакомпаний и аэропортов, имеющих узнаваемый бренд, сложившуюся символику, богатую историю и традиции.

На деятельность персонала, работающего в этих организациях, проявление корпоративной культуры, оказывает положительное влияние. Так, например, возрастает мотивация персонала на высокоэффективный труд, снижается текучесть кадров, повышается вовлеченность персонала и т.д. Таким образом, укрепление корпоративной культуры является одним из необходимых направлений работы с персоналом [1].

Одним из действенных, на наш взгляд, механизмов формирования и укрепления корпоративной культуры авиапредприятия является включение в обучающие программы в корпоративных учебных центрах модуля по корпоративной культуре. Поскольку внутриорганизационное обучение ориентировано не только на профессиональные знания, но и на ознакомление со специфическими особенностями деятельности организации, модуль по корпоративной культуре будет органически вписываться во все корпоративные обучающие программы, реализуемые в учебных центрах, для персонала авиапредприятий.

Содержательная составляющая данного модуля может включать вопросы, связанные с историей создания организации воздушного транспорта, ознакомление с ее видением, миссией и целями, обзор основных локальных нормативных актов, касающихся деятельности персонала, примерами из профессиональной деятельности героев или передовиков организации, положением организации на рынке, информацией о ее основных конкурентах, а также ее сильных и слабых сторонах в конкурентной борьбе на рынке оказания транспортных услуг. Кроме того, в данном модуле могут освещаться внешние элементы корпоративной культуры: бренд, символика и ее значение, правила поведения во взаимоотношениях с клиентами и другими сотрудниками компании и др.

К авиационному персоналу предъявляются повышенные требования к формированию профессиональных знаний, навыков и умений. Однако для достижения целей организации необходимо иметь не только квалифицированный и подготовленный авиационный персонал, но и замотивированный на высокоэффективную работу [3].

Существует значительное количество программ подготовки, являющихся необходимыми для допуска авиационного персонала к деятельности в рамках определенных должностей, которые можно дополнить модулями «Корпоративная культура», «Бренд работодателя» или «Корпоративная лояльность», при условии, что обучение осуществляется в корпоративных учебных центрах. Если обучение профессиональным знаниям для авиационного персонала жестко регламентировано, то формирование профессиональной мотивации является прерогативой авиакомпаний.

Обучение в учебных центрах при авиакомпаниях имеет ряд преимуществ, в первую очередь, экономическую эффективность таких программ для организаций воздушного транспорта, во-вторых, социально-психологическую эффективность, выражающуюся в возможностях формирования командного духа и укрепления корпоративной культуры.

В зарубежных авиакомпаниях также существует своя система подготовки авиационного персонала, в которой предусматривается подготовка в учебных центрах при авиакомпаниях. В целях нашей статьи рассмотрим особенности подготовки авиационного персонала в учебном центре современной европейской авиакомпании – Czech Airlines (Чешские аэролинии), которая является одной из пяти старейших авиакомпаний в мире, является членом-основателем Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA) и членом глобального авиационного альянса SkyTeam [4].

Для подготовки персонала авиакомпания открыла на своей базе учебный центр – Czech Aviation training centre, который расположен рядом с аэропортом Праги [5].

На примере данного учебного центра, имеющего лицензию EASA (Европейское агентство авиационной безопасности), рассмотрим перечень и продолжительность учебных программ (таблица).

Таблица – О бучающие программы Czech Aviation training center

Категория персонала, обучающие программы	Тип воздушного судна (ВС)				
	Boeing 737/800	Airbus 320	Airbus 330	ATR72	ATR 42
Пилоты					
Первоначальное полное обучение	18 месяцев (500 часов налета)	18 месяцев (500 часов налета)	18 месяцев (500 часов налета)	-	-
Обучение на новый тип ВС для проф. пилотов	40 дней	40 дней	40 дней	-	-
Подтверждение уровня на действующий тип ВС	1 день	1 день	1 день	-	-
Обновление лицензии	5 дней	5 дней	5 дней	-	-
Бортпроводники					
Первоначальное полное обучение	93 часа	93 часа	93 часа	-	-
Повторное обучение на действующий тип ВС	16 часов	16 часов	16 часов	16 часов	16 часов
Переподготовка на новый тип ВС	44 часа	54 часа	54 часа	40 часов	40 часов
Курс инструктора	1 день	1 день	1 день	1 день	1 день
Наземный персонал					
Опасные грузы	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов
Перевозка живых животных	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов
Авиационная безопасность	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов
Документы, визы	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов	8 часов
Языковая подготовка					
Авиационный английский язык	80 часов	80 часов	80 часов	80 часов	80 часов
Английский язык для пилотов (базовый)	80 часов	80 часов	80 часов	80 часов	80 часов
Английский язык для пилотов (на уровень)	40 часов	40 часов	40 часов	40 часов	40 часов
Курсы английского языка ICAO	58 часов	58 часов	58 часов	58 часов	58 часов

Составлено авторами Источник данных: информация Czech Aviation training center

Главным направлением подготовки в учебном центре является подготовка летного состава и кабинного экипажа. Курсы могут быть как индивидуальные, так и коллективные.

Учебный центр оборудован современными тренажерами – семуляторами для Boeing-737, Airbus-320, ATR-42, на которых студенты проходят тренажерную подготовку после изучения теоретической части.

Комплексная подготовка пилотов включает в себя не только полеты на тренажерах, но и языковую часть, физические тренировки и психологические тренинги. Так же обучающие курсы предполагает изучение работы в сбойных ситуациях.

Для бортпроводников существует полный курс, включающий в себя теоретическую и практическую части на современных тренажерах, позволяющих изучить различные ситуации, а так же аварийно-спасательные процедуры. Курс включает в себя изучение сервиса на борту самолета, оборудования, курсы макияжа, а также изучение ораторского искусства. Кроме того, проводятся психологические тренинги, позволяющие избегать конфликтных ситуаций и улучшать сервис авиакомпании на борту воздушного судна.

В учебном центре осуществляется подготовка и обучение наземного персонала по разным программам: перевозка опасных грузов, перевозка живых животных, авиационный английский, психологический курс, проверка документов (паспорта/визы). Так же разработаны обучающие программы для инженерного и технического состава, позволяющие получать допуск на новые типы воздушных судов [5].

По окончанию курсов выдается сертификат международного образца, который позволяет работать в международных компаниях по всему миру.

Таким образом, можно констатировать, что обучающие программы предусмотрены для большинства категорий авиационного персонала. Кроме того, на базе учебного центра можно организовывать дополнительное профессиональное обучение не только для авиационного персонала, но и для других категорий персонала авиакомпании.

Анализ содержания программ позволяет сделать вывод, что все они нацелены только на приобретение профессиональных знаний, умений и навыков в той предметной области и для того вида деятельности, которые соответствуют должностям и профессиям обучающихся.

Предлагается в учебные программы для сотрудников авиакомпании, на базе которой функционирует учебный центр, включить учебный модуль "Корпоративная культура", общим объемом 2 часа (120 минут).

При реализации данного модуля можно объединять группы, проходящие одновременное обучение по разным программам в единый поток (общей численностью до 10 человек), для снижения затрат авиакомпании, и для расширения взаимосвязей между сотрудниками, поскольку это будет способствовать развитию внутрикорпоративных коммуникаций и формированию командного духа у представителей разных профессий.

Сотрудники, совместно осваивающие учебные модули, будут видеть общие для представителей разных должностей и профессий цели и задачи, и объединяющие их элементы корпоративной культуры организации, что положительно скажется на мотивации на высокоэффективный труд и вовлеченность в дела компании.

Применение аналогичной практики для авиакомпаний и организаций воздушного транспорта, имеющих на свой базе учебные центры или корпоративные университеты, при организации внутрифирменного обучения персонала даст возможности для формирования как корпоративной идентичности персонала, так и вовлеченности персонала в дела организации и укрепления корпоративной культуры. Вовлеченные сотрудники, действующие на принципах партисипативного управления, создают для организаций воздушного транспорта дополнительные конкурентные преимущества за счет ответственного отношения к делу, самопожертвования, готовности работать в интенсивном режиме и достигать целей организации. Кроме того, следует отметить, что в гражданской авиации ключевое значение отводится соблюдению безопасности, для чего недостаточно иметь только профессиональные знания в данных областях, но нужно иметь развитую самодисциплину и осуществлять тщательный контроль, как за своими действиями, так и за действиями своих коллег по обеспечению безопасности на воздушном транспорте. Сформированный корпоративный дух, приверженность персонала компании позволит достичь поставленные цели и задачи за счет использования трудового потенциала.

Список литературы

1. Иванова М.О., Ипатова Я.А. Управление корпоративной культурой авиационного персонала // Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. С. 50-52.

2. Иванова М.О. Формирование корпоративной идентичности при подготовке авиационного персонала. В монографии: Государство, право, общество: прошлое, настоящее, будущее. – Пенза: Рост. 2015. С. 74-87.

3. Иванова М.О., Иванченко В.Н. Влияние факторов нематериальной мотивации на безопасность профессиональной деятельности // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Комплексная безопасность на транспорте: материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции. – СПб. 2016. Т. 6. С. 159-162.

4. Авиакомпания Czech Airlines. URL: https://www.csa.cz/ru-ru/ (дата обращения 17.09.2019).

5. Czech Aviation training center. URL: https://www.catc.cz/ (дата обращения 17.09.2019).

УДК 621.43

МОДИФИКАТОРЫ ТОПЛИВА: РАСЧЕТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Каминский Валерий Юрьевич *– кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией*

Крылов Юрий Евгеньевич *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Анисимов Павел Фёдорович *– заместитель генерального директора*

ООО «ЭКОСИСТЕМЫ»

Аннотация. Условия электромагнитной обработки углеводородного топлива характеризуются фиксированными значениями частоты электромагнитного поля и напряжения на электродах камеры модификатора. Разработано три вида конструкций модификаторов: цилиндрическая камера с коаксиально расположенными электродами, прямоугольная камера с плоскопараллельными электродами, прямоугольная камера с цилиндрическими штыревыми электродами. Выполнен конструктивный расчёт модификаторов. Проведён сравнительный анализ рабочих характеристик устройств модификации разного вида.

Ключевые слова: физико-химические характеристики углеводородного топлива, деструкция молекул, конструкция модификаторов топлива, конструктивный расчёт, сравнительный анализ, способы регулирования.

FUEL MODIFIERS: CALCULATION AND OPERATION

Kaminsky Valery Yu. – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory

Krylov Yuri Ev. – Candidate of Engineering Sciences, senior researcher

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Anisimov Pavel F. – Deputy Gen. Director, OOO «ECOSYSTEMS»

Abstract. Conditions of electromagnetic treatment of hydrocarbon fuel are characterized by fixed values of the frequency of the electromagnetic field and the voltage on the electrodes of the modifier chamber. Three types of modifier designs have been developed: a cylindrical chamber with coaxially arranged electrodes, a rectangular chamber with plane-parallel electrodes, a rectangular chamber with cylindrical pin electrodes. Design calculation modifiers. A comparative analysis of the performance characteristics of different types of modification devices.

Keywords: physical and chemical characteristics of hydrocarbon fuel, destruction of molecules, design of fuel modifiers, constructive calculation, comparative analysis, methods of regulation.

Воздействие физических полей различной природы на углеводородное топливо приводит к уменьшению коэффициента поверхностного натяжения, вязкости, температуры вспышки, но увеличивает испаряемость топлива, а так же теплоту сгорания [1].

Генерация разнообразных физических полей требует различных энергетических затрат. Очевидно, что улучшение физико-химических характеристик углеводородного топлива в результате электромагнитной обработки целесообразно тогда, когда затраты энергии на формирование физического поля ниже, чем повышение энергетической эффективности установки.

Для оценки целесообразности применения физических полей различной природы следует учитывать следующие факторы: границы достижимого улучшения физико-химических характеристик топлива, затраты энергии для формирования физического поля, степень безопасности персонала, обслуживающего энергетическую установку, срок окупаемости оборудования, генерирующего поле.

Для объектов стационарной энергетики длительной эксплуатации, срок окупаемости может составлять годы, в то время как длительность эксплуатации транспортных средств существенно меньше, поэтому срок окупаемости должен быть короче. Следовательно, стоимость оборудования для модификации топлива на транспорте должна быть относительно невысокой.

Выявленный механизм взаимодействия слабых электромагнитных полей с молекулами углеводородов [2,3] позволяет утверждать, что подобная обработка углеводородного топлива в наибольшей степени улучшает его физико-химические характеристики. Такой вывод обусловлен следующими соображениями:

– генератор слабого переменного электромагнитного поля не требует мощных источников энергии;

– для реализации эффективного процесса деструкции углеводородных молекул не требуются высокие электрические потенциалы [4], что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала и технических средств.

В работе [5] показано, что эффективность устройства модификации по количеству возбужденных в ней и готовых к деструкции молекул углеводородов зависит от максимальной мощности переменного электрического поля. Мощность поля связана с электрической емкостью камеры устройства модификации, с величиной напряжения, приложенного к ее электродам и с частотой поля. Общее число молекул топлива в камере зависит от ее длины и межэлектродного зазора, в котором находится топливо, т.е. определяется размерами камеры. От размеров камеры зависит и время нахождения топлива в ней, а значит и та энергия, которую аккумулирует топливо, обрабатываемое электромагнитным полем.

Анализ результатов позволяет заключить, что эффективная частота электрического поля, необходимая для деструкции молекул углеводородов, зависит от концентрации молекул в углеводородной жидкости [6]. С уменьшением молекулярной концентрации частота поля, достаточная для деструкции молекул, уменьшается. Концентрация молекул в объёме камеры зависит от их размеров – чем короче молекулы, тем выше концентрация. Чем больше концентрация, тем большая энергия электромагнитного поля необходима для возбуждения молекул с последующей их деструкцией. Скорость цепных химических реакций тем выше, чем больше отношение числа молекул в возбужденном состоянии к числу молекул в основном состоянии. Поэтому при уменьшении массового числа молекул, т.е. при росте их концентрации, для увеличения (или сохранения) отношения числа радикалов и возбужденных молекул к числу молекул в основном состоянии (глубина модификации), необходимо либо увеличивать частоту генерации электрического поля либо повышать напряжение на электродах камеры. Частота электромагнитного поля и напряжение на электродах камеры определяют скорость генерации радикалов в углеводородной среде.

Поскольку концентрацию молекул отдельных химических веществ в составе топлива определить практически невозможно, то её оценка выполняется для квазимономолекулярной жидкости по усредненной брутто формуле дизельного топлива. Считается, что дизельное топливо состоит из углеводородов, имеющих эмпирическую брутто – формулу $C_{13,3}H_{29,6}$. Среднее значение молярной массы дизельного топлива составляет M = 189,6 кг/моль. Тогда имеем: $C_{13,3}H_{29,6}$ M =189,6 кг/моль, $\rho = 0{,}84$ г/см^3, $N_{mol} = 2{,}7 \cdot 1021$ см$^{-3}$.

В работе [7] получено соотношение эффективной частоты поля и напряжения на электродах, расхода топлива и геометрии цилиндрической рабочей камеры модификатора:

$$f_{эф} = \beta N_{Ав} \rho E^* G \ell n(R/r)/2MU^2 \pi \varepsilon_0 \varepsilon \ell, \qquad (1)$$

где β – эффективная глубина модификации – отношение числа возбужденных молекул и радикалов, генерируемых модификатором, к общему числу молекул, прошедших через камеру в единицу времени; $N_{Ав}$ – число Авогадро, ρ – плотность топлива, E^* – энергия возбуждения молекул, G – объемный расход топлива, R, r – радиусы наружного и внутреннего электродов, M – молекулярная масса топлива, U – напряжение на электродах камеры, ε_0,ε –

диэлектрическая проницаемость топлива (абсолютная и относительная), ℓ – длина электродов камеры.

1. Расчет и конструирование устройств активации топлива

Разработаны конструкции трех видов устройства активации топлива – молекулярных модификаторов топлива – (ММТ) [8]:

– цилиндрическая камера модификатора с коаксиально расположенными электродами – наиболее простая в изготовлении конструкция,

– прямоугольная камера с плоскопараллельными электродами,

– прямоугольная камера с цилиндрическими штыревыми электродами.

Расчеты цилиндрических камер модификаторов с коаксиальными электродами, камер с плоскопараллельными электродами и многоэлектродных камер со штыревыми электродами отличаются только определением значений электрических емкостей камер и их проходных сечений. Величина проходного сечения не входит в явном виде в уравнение модификации, однако от него зависят электрическая емкость камеры модификатора и его объем. В свою очередь электрическая емкость камеры является одним из параметров, определяющих амплитудное значение энергии импульса электрического поля, а объем камеры модификатора обусловливает скорость движения топлива в ней и, следовательно, время нахождения топлива под действием электрического поля. Поэтому область применения модификаторов той или иной конструкции ограничена мощностью двигателя внутреннего сгорания, то есть расходом топлива.

Анализ уравнения (1) показывает, что настройка устройства модификации в соответствии с текущим расходом топлива независимо от его конструкции может быть осуществлена изменением частоты электрического поля или изменением напряжения на электродах камеры модификатора.

Расчет геометрических размеров рабочих камер модификаторов различного вида выполняется по следующему алгоритму:

1. Длина камеры, необходимая для возбуждения колебаний и деструкции молекул углеводородов электромагнитным полем выбирается в зависимости от скорости движения топлива в ней. Чем дольше топливо находится внутри камеры модификатора, тем меньше значение рабочей частоты поля.

2. Площадь проходного сечения камеры рассчитывается исходя из величины расхода топлива на номинальном режиме работы энергетической установки, когда скорость движения топлива в ней наибольшая.

Уменьшение зазора между электродами камеры неблагоприятно сказывается на количестве находящихся в камере активных частиц. Это связано с тем, что активные частицы, сталкиваясь со стенками камеры «погибают» и прекращают участвовать в цепных химических реакциях с молекулами топлива.

Для расчетов принято значение глубины модификации дизельного топлива, полученное по результатам стендовых испытаний двигателя ЯМЗ-238НБ [9].

Рассчитаны характеристики модификаторов топлива для работы в составе топливной системы дизельного двигателя Д-49 мощностью 880кВт и расходом топлива на номинальном режиме 180л/ч ($5 \cdot 10^{-5}$ м^3/с).

2. Устройство модификации с коаксиальными электродами

На рисунке 1 приведена схема цилиндрической камеры модификатора с коаксиальными электродами. Геометрические характеристики камеры: длина – l-250мм, радиус наружного электрода – R – 40мм, радиус внутреннего электрода – r – 36мм.

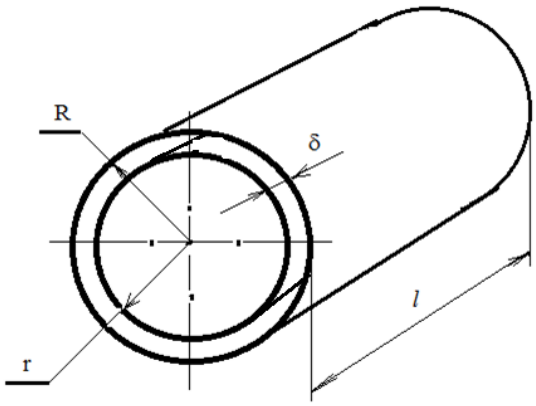


Рисунок 1 – Схема цилиндрической камеры модификатора с коаксиальными электродами

Амплитудное значение энергии поля камеры определяется выражением:

$$E_п = CU^2/2 = \pi\ell\varepsilon_0\varepsilon/\ell n(R/r)U^2.$$

Скорость топлива в камере модификатора:

$$\upsilon_к = G/S_к,$$

где $S_к$ – площадь проходного сечения камеры:

$$S_к = \pi(R^2 - r^2) = \pi(R + r)(R - r) = \pi\delta(R + r),$$

где $\delta = (R - r)$ – зазор между электродами.

Тогда уравнение (1) можно переписать:

$$f_{эф} = \beta N_{Aв}\rho E^*\delta(R + r)\upsilon_к\ \ell n(R/r)/2MU^2\varepsilon_0\varepsilon\ell. \qquad (2)$$

Для сохранения значения цетанового числа необходимо поддерживать глубину модификации дизельного топлива при любом расходе топлива, (β = const на всех режимах работы двигателя). Если модификатор рассчитан на номинальный режим работы двигателя, то сохранение значения цетанового числа при снижении расхода топлива, согласно уравнению (2), может быть обеспечено двумя способами: уменьшением частоты электрического поля или уменьшением напряжения на электродах камеры модификатора.

В результате расчёта характеристик цилиндрического модификатора с коаксиальными электродами получена зависимость частоты электрического поля от напряжения на электродах и расхода топлива f=F(U,G) с последующим назначением рабочих характеристик устройства модификации при номинальном режиме работы дизельного двигателя.

Например, при расходе топлива 180л/ч частота поля достигает 35000Гц при напряжении на электродах 60В.

При увеличении напряжения на электродах рабочая частота электромагнитного поля уменьшается. В качестве рабочих характеристик ММТ для двигателя Д-49 в номинальном режиме целесообразно принять: U = 190В, f = 3200Гц.

На рисунке 2 приведена зависимость напряжения на электродах камеры модификатора от расхода топлива. Напряжение на электродах при номинальном режиме работы двигателя достаточно высокое, что требует принятия мер безопасности.

Рисунок 2 – График зависимости напряжения на электродах камеры модификатора от расхода топлива

Регулирование глубины модификации можно осуществлять изменением напряжения или частоты электромагнитного поля. Последний способ предпочтительнее, так как зависимость частоты от расхода имеет линейный характер – f = kG, и частоту поля можно задавать программой управления генератором. Для цилиндрической камеры модификатора с коаксиальными электродами k = 0,1927 (рисунок 3).

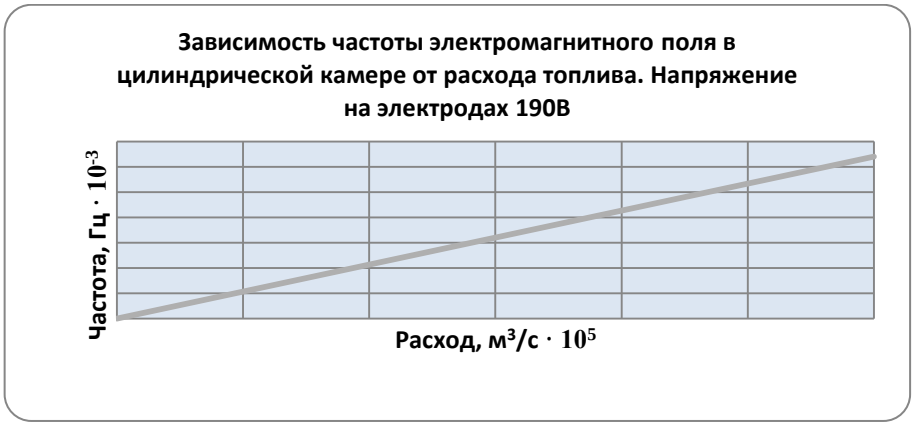


Рисунок 3 – График зависимости частоты электромагнитного поля в цилиндрической камере от расхода топлива. Напряжение на электродах 190В

В рассмотренной цилиндрической камере модификатора площадь электрода составила $2\pi r\ell = 6{,}28 \cdot 0{,}036 \cdot 0{,}25 = 0{,}0565$ м^2.

Цилиндрическая камера с коаксиально расположенными электродами сравнительно малой площади поверхности проста в изготовлении, но не позволяет значительно нарастить энергию импульса электрического поля, поскольку это требует или значительного увеличения частоты электрического поля или увеличения напряжения на электродах. Так, при номинальном расходе топлива 180л/ч и напряжении на электродах 60В необходимая для эффективной модификации топлива частота электрического поля составляет около 27,5кГц (рисунок 3). Если расход топлива растёт, частота электрического поля модификатора увеличивается до МГц. Рост частоты поля приводит к снижению диэлектрической проницаемости топлива и появлению в камере модификатора сквозного тока. К этому может привести также и значительное повышение напряжения на электродах. В результате возникновения сквозного тока работа модификатора срывается вплоть до выхода из строя самого устройства.

Цилиндрический модификатор с коаксиальными электродами можно рекомендовать для использования в двигателях мощностью до 330 кВт или для установки перед секцион-

ными насосами высокого давления, если мощность цилиндра не превышает указанную. Эта рекомендация обусловлена тем, что:

– в камере модификатора не удается достичь низких скоростей топлива, поэтому время обработки топлива электрическим полем мало и, следовательно, энергия, переданная молекулам топлива электрическим полем, не велика;

– в цилиндрической камере мала площадь поверхности электродов и, следовательно, низки электрическая емкость и энергия импульса электрического поля.

Цилиндрические камеры модификаторов с коаксиальными электродами могут размещаться и на мощных двигателях с большими расходами топлива, но в этом случае модификатор должен устанавливаться перед каждым секционным топливным насосом высокого давления.

Для уменьшения рабочих значений частоты электрического поля и напряжения на электродах необходимо увеличить электрическую емкость камеры модификатора, а для повышения воздействия электромагнитного поля на топливо необходимо увеличить проходное сечение камеры или его длину. Частота поля и длина камеры связаны гиперболической зависимостью. Расчеты показывают, что для уменьшения рабочего напряжения на электродах до 150В, требуется увеличить длину цилиндрической камеры до 0,4м, что не целесообразно.

На рисунке 4 приведен график зависимости частоты электрического поля от длины камеры с увеличенным радиусом электродов и проходным сечением.

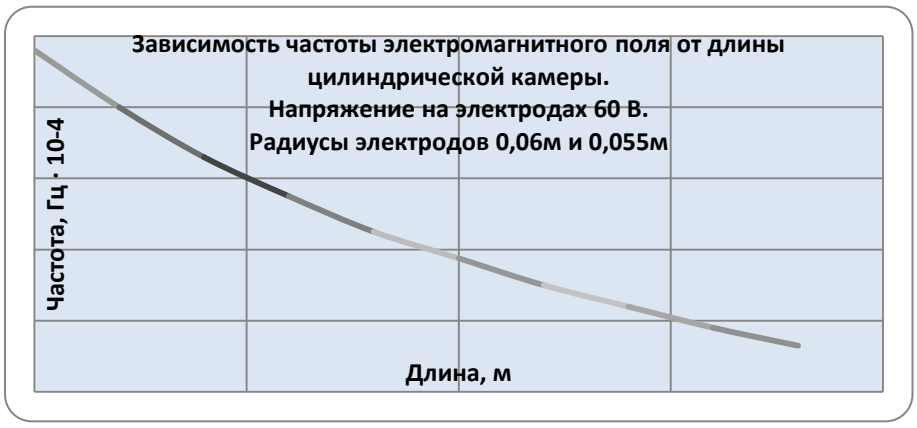


Рисунок 4 – График зависимости частоты электрического поля от длины камеры с увеличенным радиусом электродов и проходным сечением

При увеличении проходного сечения камеры, необходимая глубина модификации достигается только при высоких частотах электрического поля.

Устройство модификации с плоскопараллельными электродами

Снизить рабочие параметры электрического поля можно, перейдя к многоэлектродной камере модификации топлива.

Прямоугольная камера в сравнении с цилиндрической, при прочих равных условиях, имеет несколько большую площадь проходного сечения и значительно большую электрическую емкость.

Схема прямоугольной камеры с плоскопараллельными электродами представлена на рисунке 5.

Длина электродов камеры составляет 0,25м, высота электродов – 0,046м, число электродов – 10, толщина электродных пластин – 0,002м, межэлектродный зазор – 0,004м.

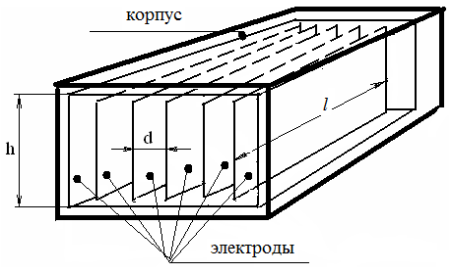


Рисунок 5 – Схема прямоугольной камеры с плоскопараллельными электродами

Зависимость для эффективной частоты электромагнитного поля прямоугольной камеры модификатора имеет вид:

$$f_{эф} = d\beta N_{Ав}\rho\ E^{*}S_{к}\upsilon_{к}/MU^{2}\varepsilon_{0}\varepsilon nh\ell, \qquad (3)$$

где d – межэлектродный зазор, $S_к$ – площадь проходного сечения камеры, n – число электродов, h – высота электродов, ℓ – длина электродов.

Проходное сечение камеры определяется следующим образом: $S_к = [(n + 1)d – n\delta]h$, где δ – толщина плоских электродов.

Площадь проходного сечения камеры – $S_к = 0{,}0011 м^2$, скорость движения топлива в камере – $\upsilon_к = G/S_к = 0{,}0454 м/с$, время прохождения топливом камеры $t = \ell/\upsilon_к = 5{,}5 с$, что несколько больше времени обработки топлива в цилиндрической камере. Площадь электродов $S_{эл} = nh\ell = 0{,}115\ м^2$, что в два раза больше площади электродов цилиндрической камеры.

Расчёты показали, что при номинальном расходе топлива рабочее напряжение на электродах модификатора не превышает 180В при частоте электрического поля 1500Гц. При этом реализуется плавное регулирование глубины модификации во всем диапазоне характеристик процесса (расход топлива, частота электрического поля, напряжение на электродах). Рабочая точка модификатора при номинальном режиме работы двигателя соответствует напряжению 180В и частоте поля 1460Гц, что в два раза ниже значений характеристик цилиндрического модификатора с коаксиальными электродами. Для регулирования значения глубины модификации изменением частоты электрического поля рассчитан коэффициент k в зависимости f = kG, который для прямоугольной камеры модификатора с плоскопараллельными электродами составил 0,8364.

Рабочие характеристики электрического поля в прямоугольной камере с плоскопараллельными электродами при необходимости можно снизить, увеличив площадь электродов. На рисунке 6 приведен график зависимости напряжения на электродах камеры от их площади.

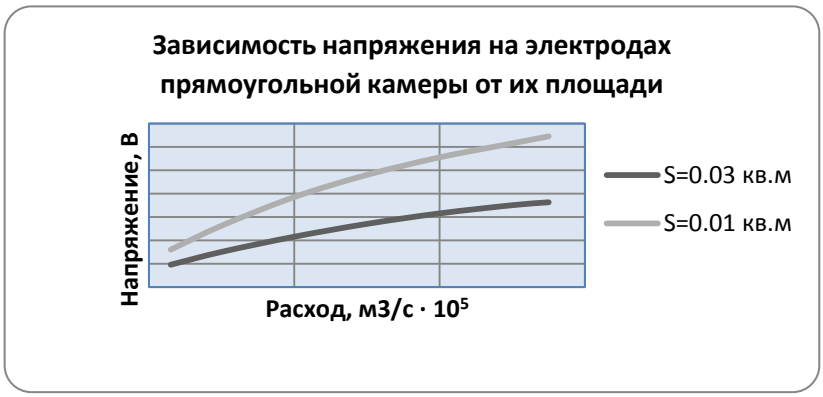


Рисунок 6 – График зависимости напряжения на электродах камеры от их площади

Снижение напряжения, подаваемого к модификатору, за счёт изменения геометрических параметров камеры ограничено потребной глубиной модификации топлива. При низких напряжениях возможен недостаток энергии для возбуждения колебательных и электронных уровней молекул углеводородов.

Устройство модификации со штыревыми электродами

Более существенное увеличение электрической емкости камеры модификатора топлива достигается при применении цилиндрических штыревых электродов. Схема прямоугольной камеры с цилиндрическими штыревыми электродами приведена на рисунке 7.

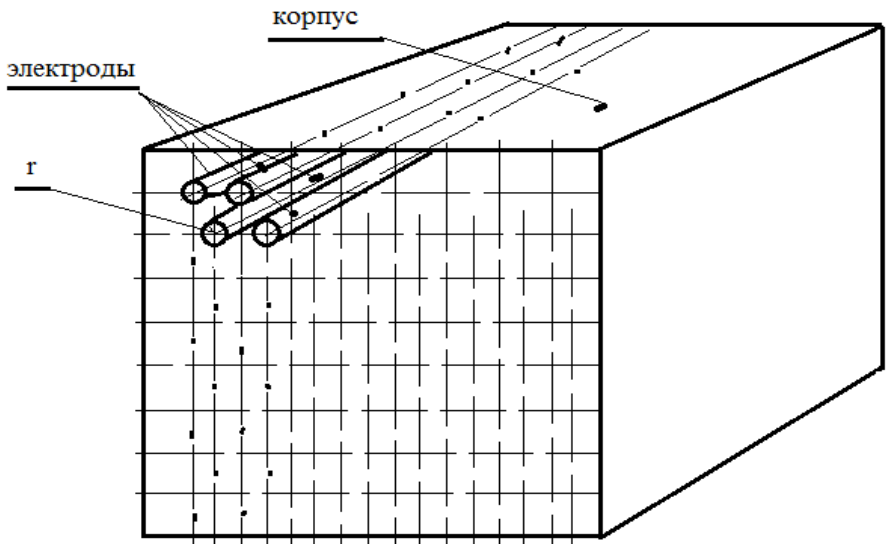


Рисунок 7 – Схема прямоугольной камеры с цилиндрическими штыревыми электродами

Проходное сечение квадратной камеры определяется выражением:

$$S_к = [(n + 1)\delta + 2rn]^2 - n^2\pi r^2,$$

где n – число электродов в одном ряду, δ – межэлектродный зазор в ряду, r – радиус электродов.

Рассмотрим квадратную камеру с 64 электродами радиусом 0,002м, расположенными в треугольной решетке по 8 электродов в ряду с шагом 0,004м.

Проходное сечение камеры – $S_к = [(8 + 1)\cdot 0{,}004 + 2\cdot 0{,}002\cdot 8]^2 - 64\cdot 3{,}14\cdot 0{,}0022 = 0{,}00382$ м^2, что в 3,5 раза больше площади проходного сечения прямоугольной камеры с плоскопараллельными электродами. Скорость движения топлива в камере составит $\upsilon_к = G/S_к = 5\cdot 10^{-5}/3{,}82\cdot 10^{-3} = 0{,}013$м/с, что в четыре раза меньше, чем в прямоугольной камере с плоскопараллельными электродами того же объема. Время обработки топлива электрическим полем – $t = \ell/\upsilon_к = 0{,}25/0{,}013 \approx 19$с. Площадь электродов в квадратной камере составляет $n^2 2\pi r = 64\cdot 6{,}28\cdot 0{,}002 = 0{,}8$м^2.

При номинальном расходе топлива рабочее напряжение не превышает 100В при частоте электрического поля 3000Гц. Это позволяет осуществить плавное регулирование глубины модификации, во всем диапазоне расхода топлива уменьшая частоту электрического поля или снижая напряжение на электродах. Рабочая точка модификатора при номинальном режиме работы двигателя имеет напряжение 100В и частоту поля 3000Гц, что почти в два раза ниже, чем в цилиндрическом модификаторе с коаксиальными электродами. При регулировании глубины модификации изменением частоты электрического поля коэффициент k в выражении f = kG составляет k = 0,9799.

Для всех рассмотренных конструкций камер регулирование глубины модификации топлива путём изменения напряжения на электродах возможно, но не представляется обоснованным по двум причинам:

– регулирование напряжением будет носить дискретный (ступенчатый) характер;

– при малых расходах топлива, которым должны соответствовать и малые напряжения на электродах, энергия импульса электрического поля, определяемая как $CU^2/2$, мала и не достигает необходимой величины колебательного и электронного уровней возбуждения молекул.

Заключение

1. Сформулированы факторы целесообразности использования физических полей для улучшения физико-химических характеристик углеводородного топлива.

2. Разработано три вида конструкции устройств модификаторов топлива: цилиндрическая камера с коаксиальными электродами, прямоугольная камера с плоскопараллельными электродами, прямоугольная камера с цилиндрическими штыревыми электродами.

3. Получена зависимость эффективной (рабочей) частоты электромагнитного поля устройства модификации от молекулярной концентрации для различных углеводородных жидкостей.

5. Выполнен конструктивный расчёт модификаторов трёх видов.

6. Рекомендованы способы регулирования глубины модификации топлива.

7. Сформулированы рекомендации по установке модификаторов в энергоустановках.

Список литературы

1. Каминский В.Ю., Грушецкий С.М., Анисимов П.Ф., Турусов С.Н. Молекулярная модификация углеводородного топлива воздействием различных физических полей // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 4, № 4 (42). С. 57-64.

2. Мурамович В.Г. О взаимодействии электрических полей с углеводородами // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2011: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2011. С. 107-113.

3. Мурамович В.Г. К вопросу о расчете устройств молекулярной модификации топлив (ММТ) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2011: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2011. С. 113-115.

4. Каминский В.Ю., Мурамович В.Г., Анисимов П.Ф. Молекулярная деструкция как способ снижения эмиссии отработавших газов ДВС // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 376-382.

5. Мурамович В.Г., Каминский В.Ю. Применение молекулярных модификаторов для восстановления физико-химических характеристик органических теплоносителей // Инновации и инвестиции. 2014. № 3. С. 226-228.

6. Остапенко А. А. Электровязкостный эффект в переменном электрическом поле // Журнал технической физики. 2000. Т. 70, № 8. С. 136-138.

7. Каминский В.Ю., Мурамович В.Г. Молекулярная модификация жидкого ракетного топлива // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2016. № 1 (91). С. 56-59.

8. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Анисимов П.Ф., Стариченков А.Л. Расчётные исследования конструкций устройств молекулярной модификации топлива // Морские интеллектуальные технологии. 2019. Т. 2, № 2 (44). С. 55-63.

9. Проведение длительных моторных испытаний устройства «Молекулярный модификатор топлива»: отчёт о НИР / Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; руководитель Галышев Ю.В.; исполнители: Шабанов А.Ю., Зайцев А.Б. СПб. 2011. 25 с. № ГР 140301101.

УДК 004.891; 658.588; 658.51; 658.562

АНАЛИЗ РИСКОВ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Скороходов Дмитрий Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник*

Каминский Валерий Юрьевич *– кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией*

Маринов Марин Любенов *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник*

ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Аннотация. В статье исследуется возможность применения различных алгоритмов анализа рисков в системах поддержки принятия решений на примере трех инструментов: исследование опасности и работоспособности (HAZOP), анализ видов и последствий отказов (FMEA), анализ Bow-Tie - «Галстук-Бабочка».

Базовым элементом системы поддержки приятия решения являются решающие правила, создающиеся с привлечением продукционных моделей различных типов. Рассмотрена технология построения продукционных правил с использованием инструментов анализа рисков. Показано, что совместное применение инструментов анализа риска генерирует синергетический эффект при предупреждении и локализации аварийных ситуаций. При этом создаются условия для разработки прикладных систем поддержки принятия решений, реализующих на практике концепцию риско - ориентированного управления в надзорной деятельности, в сферах транспортной, промышленной и экологической безопасности.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, решающее правило, принятие решений, анализ риска, метод HAZOP, метод FMEA, метод Bow-Tie.

RISK ANALYSIS IN DECISION SUPPORT SYSTEMS

Skorokhodov Dmitry Al. – Dr.Sci.Tech, Professor

Kaminsky Valery Yr. – PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Laboratory

Marinov Marin L. – PhD in Engineering Science, Leading Researcher

Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The article explores the possibility of using different algorithms of risk analysis in decision support systems on the example of three tools: hazard and performance study (HAZOP), analysis of the types and consequences of failures (FMEA), analysis Bow-Tie. The basic element of the decision support system is the decision rules created with the involvement of production models of different types. The technology of building production rules using risk analysis tools is considered. It is shown that the joint use of risk analysis tools generates a synergistic effect in the prevention and localization of emergencies. At the same time, conditions are created for the development of applied decision support systems that implement the concept of risk - oriented management in Supervisory activities, in the areas of transport, industrial and environmental safety.

Keywords: decision support system, decision rule, decision making, risk analysis, HAZOP method, FMEA method, Bow-Tie method.

Принятие решений по обеспечению безопасности сложных объектов и систем, связанных с предупреждением аварийных ситуаций и их локализацией, в общем случае задача неординарная [1,2]. Это обусловлено, во-первых, неполной априорной информацией об объекте принятия решения (ОПР) и протекающих в нем процессах, а, во-вторых, жесткими ресурсными ограничениями. К ресурсным ограничениям относятся: время реагирования, энергетический потенциал системы (электрическая мощность, воздух, пар и т.п.), запасы матери-

альных ресурсов, обеспечивающих безопасность (средства пожаротушения, средства защиты, инструменты и т.п.).

Процесс принятия решений характеризуется высокими рисками, для снижения которых создаются системы поддержки принятия решений (СППР). Несмотря на большое число исследований в области создания СППР, качество моделей и алгоритмов принятия решений остается наиболее слабым местом таких систем. Особенно ярко это проявляется в случаях, когда множество состояний ОПР не является заранее известным конечным множеством, а сам процесс принятия решений обладает неопределенностью.

В этой ситуации применение традиционных алгоритмов поиска решений создает опасность выбора некорректных или неадекватных состоянию ОПР.

1. Оценка применения инструментов анализа риска в СППР

В отечественной практике решения задач обеспечения промышленной и пожарной безопасности длительное время используются различные методы исследования рисков. Опыт применения инструментов анализа рисков отражён в международном стандарте ISO 31010 и его Российском аналоге ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 [3], которые представляют собой справочник по основным инструментам исследования рисков.

Опыт применения инструментов исследования рисков [4], показывает, что некоторые из них могут служить основой для создания СППР по предупреждению и локализации аварийных ситуаций.

В частности, это методы:

− исследования опасности и работоспособности (HAZOP);

− анализа видов и последствий отказов (FMEA);

− анализа «Галстук-Бабочка» (Bow-Tie).

Однако перечисленные инструменты для непосредственного использования при создании СППР не пригодны. Это связано с тем, что поиск возможных решений и получение, как качественных, так и количественных оценок риска выполняется командой квалифицированных экспертов, а основным методом поиска решений является «мозговой штурм», который практически не позволяет формализовать процесс выработки решений. Поэтому применение перечисленных выше методов для формирования СППР малоэффективно вследствие ограниченной возможности их алгоритмизации и автоматизации.

Несмотря на различие объектов анализа и технологии исследования рисков, вышеназванные методы имеют ряд общих блоков:

− идентификация опасности;

− определение опасных событий;

− поиск и описание причин опасных событий;

− описание сценариев развития опасности и возможных последствий возникновения опасных событий;

− оценка критичности последствий и уровня риска;

− разработка рекомендаций (мер защиты или барьеров безопасности) по снижению риска за счет уменьшения вероятности реализации причин опасного события и/или снижения тяжести ущерба от реализации опасного события.

Здесь и далее под *опасностью* понимается источник потенциального вреда, а под *опасным событием*, такое событие, которое может этот вред причинить.

Обобщенный подход к исследованию рисков можно проиллюстрировать с помощью диаграммы Bow-Tie, приведенной на рисунке 1. На диаграмме цифрами указаны вышеперечисленные обобщенные этапы анализа риска.

Важной особенностью перечисленных инструментов анализа является то, что результаты исследования обладают совокупностью свойств, которые делают их пригодными для применения в СППР, а именно:

− результаты исследования рисков, как правило, хорошо структурированы и представлены в форме унифицированных таблиц, диаграмм – в форме – удобной для автоматизированной обработки;

− результаты идентификации опасностей и опасных событий, как правило, формализованы и могут служить критериями идентификации событий и состояний в СППР;

− причинно-следственные связи, описывающие возможные сценарии развития аварий, могут с минимальными затратами преобразовываться в семантические сети, использующиеся в СППР для решения задач оценки состояния, прогнозирования и поиска безопасных решений.

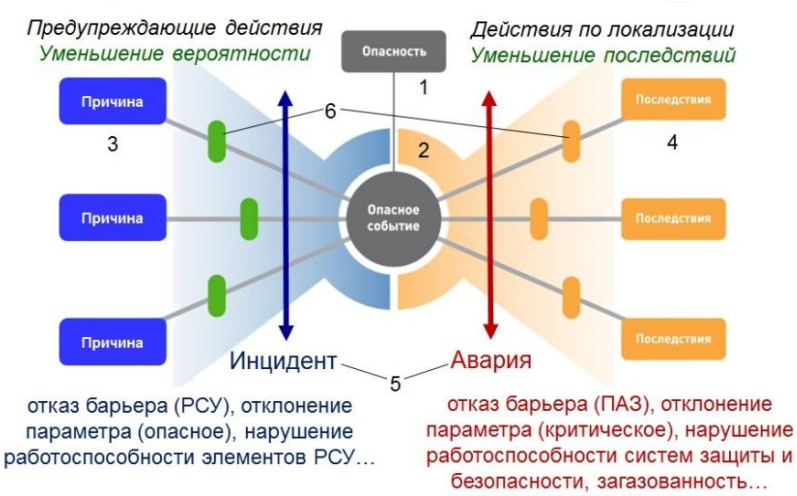


Рисунок 1 – Диаграмма Bow-Tie

Рассмотрим методы, которые представляют наибольший интерес для принятия решений по обеспечению безопасности: HAZOP, FMEA и Bow-Tie.

2. Основные этапы принятия решений по обеспечению безопасности

Процедуру принятия управляющих решений можно представить совокупностью последовательно выполняемых этапов, каждый из которых обеспечивает решение частной задачи [5,6]:

– сбор и первичная обработка данных;

– оценка текущего состояния объекта принятия решений (ОПР);

– классификация и распознавание ситуаций;

– поиск решений (формирование множества допустимых решений);

– оптимизация множества допустимых решений по установленным критериям;

– преобразование решений в набор управляющих воздействий и принятие окончательного заключения о допустимости и оптимальности найденного решения;

– контроль исполнения решений.

Для описания процедуры принятия решений можно использовать комбинированную модель, ключевым элементом которой является совокупность решающих правил (*SR*), обеспечивающих формирование множества допустимых управляющих решений.

Решающее правило – *SR* – выполняет классификацию и распознавание ситуаций в ОПР, а также формирует множество допустимых решений, реализация которых переводит ОПР в состояние, соответствующее установленным целевым функциям.

Опыт проектирования систем информационной поддержки показывает, что в большинстве случаев в основе решающих правил лежат продукционные правила вида:

$$i = < Q; P; A \rightarrow B; N >, \quad (1)$$

где i – имя продукции, Q – описание класса ситуаций, P – условие активизации продукции, $A \rightarrow B$ – ядро продукции, N – постусловие продукционного правила.

В зависимости от особенностей процесса принятия решений могут использоваться следующие типы продукционных правил:

− правила, описывающие решение задачи принятия решения в форме алгоритма.

− правила, описывающие поиск логического вывода заключений в форме правил порождения алгоритмов или логических выводов.

Таким образом, пригодными методами для формирования систем поддержки принятия решений по обеспечению безопасности являются такие, которые описывают процесс возникновения и реализации опасности, а также формируют продукционные правила для решения задач поиска решений.

3. Применение результатов анализа рисков при принятии решений по обеспечению безопасности

Рассмотрим возможности и границы применения методов HAZOP, FMEA и Bow – Tie при создании решающих правил для систем ППР.

3.1 Метод HAZOP

HAZOP позволяет формировать семантические описания следующего вида: «Отклонение – Причина – Барьеры (меры защиты, рекомендации) – Опасное событие (последствия для безопасности, окружающей среды или эксплуатации) – Риск опасного события».

Если при формировании описания сформулированы критерии для каждого элемента структуры (фрейма), то такая цепочка может стать основой для создания продукционного правила второго типа, которое позволит:

– выработать рекомендации по предупреждению возникновения потенциально опасных событий;

– определить угрозу эскалации рисков возникновения опасных событий в случае отказа барьеров защиты.

В качестве демонстрации технологии формирования решающего правила с использованием метода HAZOP рассмотрим принципиальную технологическую схему блока сырьевых насосов, приведенную на рисунке 2.

Сырьевые насосы P-1002/1 и P-1002/2 перекачивают бензиновую фракцию. Расход сырья на выходе блока регулируется клапаном FV-1006 через прибор FRCA-1006. На выходе блока предусмотрена электрозадвижка UV-1003.

Рассмотрим одно из потенциальных отклонений: нет потока (отсутствует расход) сырья на выходе блока. Указанное отклонение рассматривается при условии работы хотя бы одного насоса из двух.

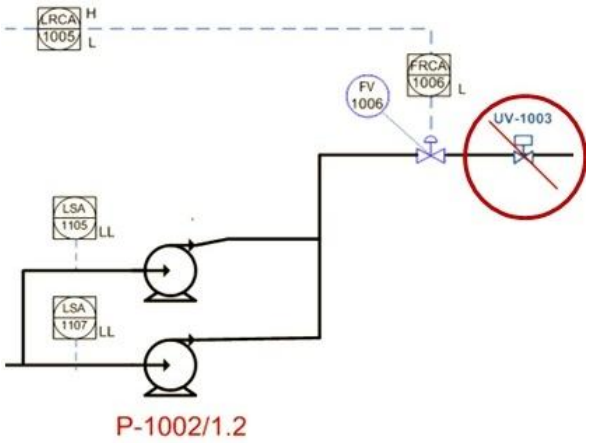


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема блока сырьевых насосов

На рисунке 3 приведены результаты исследования HAZOP (группа «Фрейм»), а также сформулированное, на основании данных HAZOP, продукционное (решающее) правило.

Фрейм			
Отклонение (*Q*)	Причина	Барьеры	Последствие
Отсутствует расход сырья на выходе блока (Поток-Отсутствие)	Закрытие отсекателя UV-1003	Сигнализация положения UV-1003	Работа насоса Р-1002 на упор → Разгерметизация насоса Р-1002 → Выброс бензиновой фракции в объем насосной
		Сигнализация расхода FRCAL-1006	
	Отказ FV-1006 в закрытом положении	Сигнализация расхода FRCAL-1006	
Продукционное правило			
Условие (*P*)	Состояние (*A*)	Угроза (*B*)	Решение (*N*)
Расход по прибору FRCA-1006 равен 0	Работа насоса на упор	Разгерметизация насоса с выбросом бензиновой фракции в объем насосной	1) остановить насос Р-1002. 2) Проверить состояние UV-1003 и FV-1006

Рисунок 3 – Построение решающего правила на основании результатов HAZOP

Буквами *Q*, *P*, *A*, *B* и *N* на рисунке 3 обозначены компоненты решающего правила (1).

Основным ограничением метода является его ориентация на исследование цепочки «Причина – Опасное событие». При этом не рассматривается связь «Опасное событие – Последствие». То есть метод HAZOP рассматривает только левую часть диаграммы Bow – Tie, представленной на рисунке 1. Результаты метода могут быть использованы для решения только частной задачи – предупреждения возникновения опасных событий, но не позволяют решить задачу обеспечения безопасности в целом.

3.2 Метод Bow – Tie

«Bow – Tie» упрощает графическое представление причинно-следственных связей возникновения и реализации опасностей и обеспечивает исследование мер защиты (барьеров), для снижения вероятности реализации опасного события (предупреждающие барьеры), а также позволяет снизить ущерб от опасного события, если оно уже произошло (барьеры локализации).

В рамках метода формируются семантические описания следующего вида: «Опасность – Причина – Барьеры предупреждения – Опасное событие – Барьеры локализации – Последствие – Риск». В этом случае решается полная, в части безопасности, задача принятия решений, с учётом, как причин, так и возможных последствий возникновения опасного события.

Для сравнения с методом HAZOP, на рисунке 4 приведен результат исследования риска работоспособности блока сырьевых насосов (рисунок 2) с использованием метода Bow – Tie.

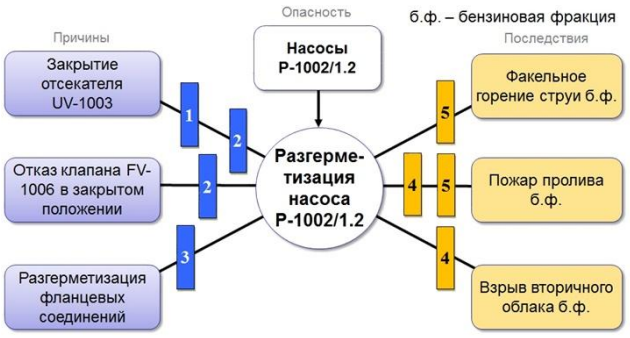


Рисунок 4 – Диаграмма Bow – Tie для опасного события «Разгерметизация насоса»:
а) Предупреждающие барьеры: 1 – сигнализация положения отсекателя UV-1003, 2 – сигнализация падения расхода по прибору FRCAL-1006, 3 – планово-предупредительные осмотры (ППО) и ремонты (ППР);
б) барьеры локализации: 4 – система обнаружения загазованности в помещении насосной, 5 – система пенного пожаротушения в насосной

Диаграмма Bow – Tie кроме описания причинно-следственных связей может быть использована также для визуального отображения:

– событий, отказов и отклонений, в том числе событий, связанных с проявлением причин опасных событий, срабатыванием барьеров защиты и нарушением их работоспособности;

– фактов возникновения опасных событий, последствий;

– уровня опасности (риска).

Метод Bow – Tie позволяет расширять диаграмму, вводя в нее дополнительно факторы эскалации (усиления) риска, а также меры контроля, учитывающие и компенсирующие возникновение этих факторов.

Например, фактором эскалации может стать отказ барьера 1 (рисунок 4), повлекший неопределенность оценки текущего положения обтекателя UV-1003 (открыт/закрыт), что может способствовать формированию соответствующих угроз (рисунок 5).

	Условие (*P*)	Состояние (*A*)	Угроза (*B*)	Решение (*N*)
1	Сработала сигнализация о закрытии отсекателя UV-1003 при работающем насосе Р-1002	Работа насоса на упор	Разгерметизация насоса с выбросом бензиновой фракции в объем насосной	Остановить насос Р-1002, открыть отсекатель
	Отказ (отсутствие данных) сигнализатора положения отсекателя UV-1003	Отсутствие данных о положении отсекателя UV-1003	1) Возможность несанкционированного закрытия отсекателя UV-1003 2) Возможность работы насоса Р-1002 на упор	1) Контроль наличия расхода в трубопроводе за насосами по прибору FRCAL-1006 2) Восстановление работоспособности сигнализатора положения отсекателя UV-1003
4	Срабатывание системы обнаружения загазованности (СОЗ) в насосной по уровню 20% НКПР	Наличие загазованности в насосной, разгерметизация оборудования	Опасность формирования в насосной облака бензиновой фракции с последующим возгоранием, взрывом или пожаром	1) Остановка насосного оборудования. 2) Включение систем противопожарной защиты насосной. 3) Поиск причин наличия загазованности.
	Отказ (отсутствие данных) системы обнаружения загазованности (СОЗ)	Отсутствие данных о загазованности в насосной	Возможность неконтролируемой разгерметизации оборудования с выбросом в объем насосной бензиновой фракции	1) Вход в насосную в СИЗ. 2) Ручной контроль загазованности в насосной. 3) Проверка и восстановление работоспособности сигнализатора загазованности

Рисунок 5 – Построение решающего правила на основании результатов исследования методом Bow – Tie

На рисунке 5 приведены четыре решающих правила. Из них, первые два относятся к барьеру 1, который предупреждает возникновение опасного события «Разгерметизация насоса…», и описывают два потенциальных состояния сигнализатора положения:

– срабатывание сигнализации о закрытии отсекателя, что отражает нормальное срабатывание барьера защиты и сигнализирует лицу, принимающему решения (ЛПР) о переходе ОПР в потенциально опасное состояние с угрозой возникновения опасного события;

– отказ сигнализатора или отсутствие актуальных данных о его состоянии в АСУ ТП, что является признаком нарушения работоспособности барьера.

Вторые два решающих правила относятся к барьеру 4, который минимизирует последствия уже возникшего опасного события «Разгерметизация насоса…»:

– срабатывание системы обнаружения загазованности (СОЗ), отражает нормальное срабатывание барьера защиты и требует немедленного вмешательства ЛПР, для минимизации возможных последствий опасного события;

– отказ СОЗ или наличие неадекватных данных (например, значение загазованности меньше нуля), является признаком нарушения работоспособности барьера защиты и является фактором эскалации опасного события с увеличением рисков.

Буквами *P, A, B* и *N* на рисунке 5 обозначены компоненты решающего правила (1).

Таким образом, результаты исследования рисков методом Bow – Tie в форме диаграмм и таблиц являются хорошей основой для формирования решающих правил, а также визуализации событий, происходящих в ОПР, что позволяет построить удобную для ЛПР и эффективную с точки зрения представления информации СППР.

3.3 Метод FMEA

FMEA направлен на выявление наиболее критичных операций (потенциальных ошибок) в технологическом процессе, обеспечивая обнаружение операционных отказов, обусловленных недостатками конструкции изделия, а также техпроцесса производства.

Особенностью метода FMEA по сравнению с HAZOP является то, что он используется для идентификации возможных способов отказа компонентов, систем или процессов, которые могут привести к невыполнению их основной функции. При этом ключевое отличие от HAZOP заключается в том, что в FMEA исследование начинают с того, что для рассматриваемого объекта идентифицируются все возможные виды отказов, а затем начинается изучение причин их возникновения.

В рамках метода формируется семантическое описание следующего вида: «Опасность – Операция (процесс) – Вид потенциального отказа – Последствие отказа (опасное событие) – Причина – Барьеры по предотвращению (для каждой причины) – Барьеры по обнаружению (для каждой причины) – Барьеры локализации – Риск».

Описывая ОПР, для каждой технологической операции анализируют конструктивные особенности устройств, участвующих в процессе, технологию, причины возникновения изменчивости, влияющие на достижение ожидаемых результатов каждой операции. В результате такого анализа формируются семантические цепочки следующего вида: «Операция (процесс) → Метрологическая характеристика → Отклонение метрологической характеристики → Отклонение (несоответствие) операции (процесса) → Опасность (отказ, риск)».

По итогам выполненного анализа оценивается результативность и качество процессов, определяются контрольные признаки или несоответствия, которые приводят к ухудшению качества или способствуют возникновению опасного события с негативными последствиями.

На основании рекомендаций FMEA разрабатывается план управления [7], представляющий краткое формализованное описание технологии формирования показателя качества и безопасности ОПР.

План управления включает: измеряемые характеристики и установленные к ним требования; методы измерений, частоту и объем выборки данных; способ организации контроля и управления ОПР для достижения требуемых характеристик; план реагирования, включающий порядок действий, выполняемых при обнаружении отказов и несоответствий.

Планы управления и реагирования представляют собой хорошо структурированные документы, которые могут быть эффективно использованы для создания решающих правил.

Необходимо отметить следующие специфические особенности метода FMEA:

1) FMEA ориентирован на выявление последствий различных отказов. При этом, формулировка последствий расплывчата, в качестве последствий могут выступать как «Опасные события», так и «Последствия» (рисунок 1).

В целом метод FMEA, также, как и HAZOP, в основном ориентирован на анализ левой части диаграммы Bow – Tie (рисуноки 1 и 4) начиная с причин и заканчивая возникновением опасного для ОПР события;

2) важной особенностью FMEA является то, что он обеспечивает поиск потенциальных отказов для создания дополнительных предупреждающих барьеров и формирует условия для снижения вероятности возникновения, как причин, так и последствий отказов.

Заключение

Кроме рассмотренных методов при создании решающих правил давно и эффективно используются методы, в основе которых лежат деревья событий, например, дерево неисправностей (FTA) и дерево событий (ETA), а также комбинированные составные деревья.

Применение инструментов HAZOP, FMEA и Bow – Tie в интересах создания решающих правил для СППР позволяет:

– повысить эффективность процесса разработки СППР;

– получить наиболее точное и достоверное описание процесса принятия решений по обеспечению безопасности;

– получить синергетический эффект за счет совместного применения результатов исследования рисков различными методами и использования достоинств каждого из применяемых инструментов.

Предложенный подход создает условия для разработки прикладных СППР, обеспечивающих управление на основе рисков, и позволяет реализовать на практике концепцию риско – ориентированного управления в надзорной деятельности, а также в сферах транспортной, промышленной и экологической безопасности.

Список литературы

1. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Королёв О.А. Информационная система поддержки принятия решения при борьбе за живучесть судна // Технологии построения когнитивных транспортных: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. С. 93-99.

2. Каминский В.Ю., Лукомский Ю.А., Скороходов Д.А. Принятие решений при борьбе с авариями на газонефтедобывающих платформах // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 1, № 1 (35). С. 22-28.

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. Risk management. Risk assessment methods. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 декабря 2011 г. № 680-ст.

4. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Безотказность систем управления движением // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1, № 1 (39). С. 185-194.

5. Каминский В.Ю., Вислогузов В.В. Принципы сбора данных об отказах оборудования и методики оценки показателей надежности транспортных средств // В сборнике: Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб.: ИПТ РАН. 2018. Т. 1. С. 215-221.

6. Турусов С.Н., Степанов И.В., Скороходов Д.А. Системы управления готовностью технических средств морских подвижных объектов / под ред. С.Н. Турусова. – СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. – 384 с.

7. Александров М.А., Богданов А.Г., Каминский В.Ю., Скороходов Д.А. Надёжность изделий судового машиностроения // Морской вестник. 2017. № 4 (64). С. 45-46.

Сведения об авторах

Абдуллаев Жасурбек Якубович *– аспирант кафедры управления эксплуатационной работой ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, zafarchik0901@mail.ru.

Аблялимов Олег Сергеевич *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник, и.о. профессора кафедры локомотивов и локомотивного хозяйства Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).*

*100167, Узбекистан, Ташкент, ул. Адылходжаева, 1, о.*ablyalimov@gmail.com.

Актерский Юрий Евгеньевич *– доктор военных наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 49, aue2002@yandex.ru.

Анисимов Павел Фёдорович *– заместитель генерального директора ООО «ЭКОСИСТЕМЫ».*

199188, Россия, Санкт-Петербург, ул. М. Говорова, 14, pvmmt@yandex.ru.

Асаул Анатолий Николаевич *– доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный строитель РФ, профессор кафедры экономики строительства и ЖКХ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.*

190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4, asaul@ yandex.ru.

Баранов Алексей Алексакндрович *– кандидат педагогических наук, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, baranov.a.a@mail.ru

Башмакова Елена Петровна *– кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела социальной политики на Севере Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук».*

184209, Россия, Мурманская область, Апатиты, ул. Ферсмана, 24а, bashmakova @iep.kolasc.net.ru.

Бобрик Петр Петрович *– кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, Bobrikpp@mail.ru.

Богданович Данила Евгеньевич *– аспирант кафедры железнодорожных станций и узлов ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, bogdan_danila@inbox.ru.

Бордюг Александр Сергеевич *– доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства Керченского государственного морского технологического университета.*

298300, Россия, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, alexander.bordyug@mail.ru.

Борисов Александр Николаевич *– аспирант кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (СПбГМТУ).*

190121, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., 3, bor_fond93@mail.ru.

Борисова Валерия Анатольевна *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, valery.borisova.01@yandex.ru.

Брюс Федор Олегович *– инженер 2-й категории АО «Концерна «НПО Аврора».*

194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 15, 214545@gmail.com.

Букатов Дмитрий Сергеевич *– кандидат технических наук, преподаватель кафедры автодорожной службы ФГКВОУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, dimonb1980@mail.ru.

Булатов Вячеслав Олегович *– кандидат технических наук, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, 79112231238@ya.ru.

Буянов Михаил Сергеевич *– кандидат военных наук, доцент, профессор кафедры общей тактики и общевоенных дисциплин Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) ФГБКВУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, vatt@mil.ru.

Васьков Виктор Тихонович *– кандидат технических наук, начальник отдела дежурной службы Аппарата Губернатора Санкт-Петербурга.*

191060, Россия, Санкт-Петербург, Смольный.

Виниченко Виктория Александровна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики транспорта и финансов ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет водного транспорта.*

630005, Россия, Новосибирск, ул. Мичурина, 48, vika_06.07@mail.ru.

Вислогузов Виктор Викторович *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, info@iptran.ru.

Власова Татьяна Владимировна *– старший преподаватель кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, vlasova_ti@mail.ru.

Войтко Александр Михайлович *– старший преподаватель ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет.*

190005, Россия, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4, 6876104@mail.ru.

Володин Алексей Борисович *– кандидат технических наук, директор Научно-образовательного центра морского и речного транспорта ФГАОУ ВО Российский университет транспорта (РУТ МИИТ).*

127994, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9., ab.volodin@mail.ru.

Волыхина Наталья Владимировна *– старший преподаватель кафедры экономики транспорта ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, natalyabatalova@yandex.ru.

Воронин Сергей Владимирович *– доцент, кандидат технических наук ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, wsw1@yandex.ru.

Гавкалюк Богдан Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149.

Гайдукевич Александр Евгеньевич *– старший инженер-программист отдела информатизации и программирования, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, gaydukevicha@gmail.com.

Герасимчук Ксения Евгеньевна *– старший преподаватель кафедры станций, узлов, грузовой работы ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения.*

620034, Россия, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, KChemodanova@usurt.ru.

Горячев Иван Сергеевич – аспирант *кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства Керченского государственного морского технологического университета.*

298300, Россия, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, esiap@mail.ru.

Грошев Геннадий Максимович *– профессор, доктор технических наук, профессор кафедры управления эксплуатационной работой ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, spbgroshev@gmail.com.

Гуменюк Василий Иванович *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».*

196105, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, vasiliy.gumenyuk@ mail.ru.

Дегтярев Андрей Владимирович *– старший капитан компании Breadbox.*

Голландия, captainandreydegtyarev@gmail.com.

Дементьев Федор Алексеевич *– кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, dementyev.f@igps.ru.

Джаббаров Саидбурхан Тулаганович *– доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство», Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта.*

100167, Узбекистан, Ташкент, ул. Адилходжаева, 1, _saidhon_@inbox.ru.

Донцов Иван Павлович *– кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник 25 Научно-исследовательского отдела (НИИ ВСИ МТО ВС РФ) ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. 10 А, dontsovip@mail.ru.

Дрещинский Владимир Александрович *– доктор военных наук, профессор ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, набережная Макарова, 8, 25niinio@ mail.ru.

Дривольская Наталья Анатольевна *– кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики транспорта ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, natabur76@mail.ru.

Дюк Вячеслав Анатольевич *– доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, v_duke@mail.ru.

Дюков Александр Владимирович *– старший преподаватель кафедры общей тактики и общевоенных дисциплин Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) ФГБКВУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, vatt@mil.ru.

Евглевская Наталья Валерьевна *– кандидат технических наук, преподаватель кафедры безопасности инфокоммуникационных систем специального назначения ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного».*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3, n.evglevskaya@gmail.com.

Егоршев Сергей Михайлович *– директор департамента программ развития Министерства транспорта Российской Федерации.*

109012, Россия, Москва, ул. Рождественка, 1, стр.1, egorshevsm@mintrans.ru.

Едимичев Дмитрий Александрови *– кандидат технических наук, доцент ФГФОУ ВО Сибирский федеральный университет.*

660041, Россия, Красноярск, пр. Свободный, 82, edimichev@inbox.ru.

***Еид Муса Мухамад** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-измерительных систем и технологий ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).*

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, dr-musa@yandex.ru.

***Елисеев Дмитрий Васильевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева.*

302026, Россия, Орел, ул. Комсомольская, 95.

***Еналеев Анвер Касимович** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела прогнозирования развития транспортных систем (г. Москва) ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, anver.en@gmail.com.

***Железняк Александр Александрович** – доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства Керченского государственного морского технологического университета.*

298300, Россия, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, zheleznyak13@mail.ru.

***Журавлева Наталья Александровна** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики транспорта ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, zhuravleva_na@mail.ru.

***Завальнюк Сергей Иванович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации) ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., 10А, s-zavalnuk@mail.ru.

***Зайцев Евгений Николаевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации и управления в транспортных системах ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации.*

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38, enzaitsev@mail.ru.

***Зенина Надежда Николаевна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры правления производством и кадровое обеспечение транспортного комплекса ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)».*

127994, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. znn1@yandex.ru.

***Иванов Виталий Евгеньевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.*

153022, Россия, Иваново, ул. Лежневская, 116, vitaliyivanov@yandex.ru.

***Иванов Илья Игоревич** – заместитель начальника отдела Акционерного общества «НЕЙРОКОМ».*

111250, Россия, Москва, а/я 17, i.ivanov@neurocom.ru.

***Иванова Мария Олеговна** – кандидат экономических наук, заведующая кафедрой истории и управления персоналом ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации.*

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38, ivanova_mo@mail.ru.

***Иванова Наталья Георгиевна** – доцент, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и права Института безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, ing4@bk.ru.

***Иванченко Вера Николаевна** – доцент, доцент кафедры истории и управления персоналом ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации.*

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38, vera.ivanchenko2010@yandex.ru.

***Ивахнюк Григорий Константинович** – профессор, доктор химических наук, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, fireside@inbox.ru.

***Изотов Сергей Сергеевич** – начальник сектора Судовых энергетических установок АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота».*

191015, Россия, Санкт-Петербург, Кавалергардская ул., 6, лит. А, izotov_sergey@bk.ru.

***Илесалиев Дауренбек Ихтиярович** – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортной логистики и сервиса Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ).*

100067, Республика Узбекистан, Ташкент, ул. Одылходжаева, 1, ilesaliev@mail.ru.

***Истомина Алиса Алексеевна** – представитель авиакомпании в аэропорту, Представительство Авиакомпании Чешские Аэролинии.*

196210, Россия, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, 41, офис 2049, lissikalissik@mail.ru.

***Кадочникова Елена Николаевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, vf10@yandex.ru.

***Калачев Михаил Анатольевич** – кандидат экономических наук, доцент кафедры международного финансового и управленческого учета ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта».*

127994, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, grif.mak@mail.ru.

***Каминский Валерий Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., Kaminskyvy@ yandex.ru.

***Киселенко Анатолий Николаевич** – доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории проблем транспорта, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

167982, Россия, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 26, translab@iespn.komisc.ru.

***Колбашов Михаил Александрович** – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.*

153040, Россия, Иваново, пр. Строителей, 33, kafppv@mail.ru.

***Комашинский Владимир Ильич** – доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, kama54@rambler.ru.

***Комельков Вячеслав Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.*

153040, Россия, Иваново, пр. Строителей, 33, kafppv@mail.ru.

***Коникова Елена Викторовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры аэропортов и авиаперевозок ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации.*

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38, elenavictorovnak@mail.ru.

Королев Олег Александрович *– научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем ФГБУН Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, korolev@iptran.ru.

Королева Людмила Анатольевна *– кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, lyudamil@mail.ru.

Костенко Владимир Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, docentkostenko@yandex.ru.

Кочережникова Александра Олеговна *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., a_kocherezhnikova@bk.ru.

Круглеевский Владимир Николаевич *– доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, skpo@bk.ru.

Крылатов Александр Юрьевич *– доктор физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математического моделирования энергетических систем ФГБОУ Санкт-Петербургский государственный университет.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб. 7-9, a.krylatov@spbu.ru.

Ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, a.krylatov@spbu.ru.

Крылов Юрий Евгеньевич *– кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, krylov_yuriy@mail.ru.

Крюкова Марина Сергеевна *– преподаватель кафедры теории и управления физической подготовки и спорта Военного института физической культуры.*

194044, Россия, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., 63, krukova_ms@mail.ru.

Ксенофонтов Юрий Геннадьевич *– кандидат технических наук ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, ksenofontov.ura@mail.ru.

Кукушкина Яна Васильевна *– кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, yana90179@mail.ru.

Кутузов Василий Васильевич *– кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, kutuzov-w@mail.ru.

Кураков Андрей Валерьевич *– кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, andykur@mail.ru.

Кушпиль Игорь Васильевич *– младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, i_kushpil@mail.ru.

***Ларин Олег Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры логистические транспортные системы и технологии ФГАОУ ВО Российский университет транспорта (МИИТ).*

127994, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, larin_on@mail.ru.

***Ласточкин Николай Николаевич** – кандидат военных наук, заместитель начальника 25 Научно-исследовательского отдела ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. 10 А, lasta555@mail.ru.

***Лаута Олег Сергеевич** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры безопасности инфокоммуникационных систем специального назначения ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного».*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3, laos-82@yandex.ru.

***Лебедева Ольга Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО Ангарский государственный технический университет.*

665835, Россия, Иркутская область, Ангарск, ул. Чайковского, 60, kravhome@mail.ru.

***Лемешкова Алеся Валерьевна** – младший научный сотрудник отдела прогнозирования развития транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, aleslemesh@mail.ru.

***Литовченко Ирина Олеговна** – кандидат технических наук, преподаватель-методист отдела планирования учебного процесса ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, litovchenko.irina@bk.ru.

***Липатников Валерий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор старший научный сотрудник научно-исследовательского центра ФГКВОУВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3, lipatnikovanl@mail.ru.

***Ложкин Владимир Николаевич** – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, vnlojkin@yandex.ru.

***Ложкина Ольга Владимировна** – доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, olojkina@yandex.ru.

Ведущий научный сотрудник лаборатории экологических проблем транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, olojkina@yandex.ru.

***Ломов Валерий Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации) ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., 10А, Lomovvalera@mail.ru.

***Лукомская Ольга Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13,

доцент кафедры корабельных систем управления ФГАОУВО Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, luol@iptran.ru.

***Лукомский Юрий Александрович** – доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).*

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, loucomsqui@mail.ru.

***Мазур Андрей Семенович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой химической энергетики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).*

190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 26, mazuras@technolog.edu.ru.

***Макаев Дмитрий Владимирович** – инженер Акционерного общества «НЕЙРОКОМ».*

111250, Россия, Москва, а/я 17, d.makaev@neurocom.ru.

***Макаренко Евгений Александрович** – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента наукоемких производств ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения.*

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ss300@yandex.ru.

***Малащук Петр Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

167982, Россия, Сыктывкар, Коммунистическая, 26, translab@iespn.komisc.ru.

***Малыгин Игорь Геннадьевич** – доктор технических наук, профессор, директор ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, malygin_com@mail.ru.

***Мамаев Энвер Агапашаевич** – доктор технических наук, заведующий кафедрой логистики и управлением транспортными системами ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения.*

344038, Россия, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, mamaev_enver@mail.ru.

***Маринов Марин Любенов** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., marinlomsky@gmail.com.

***Марков Николай Александрович** – научный сотрудник Акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Топаз».*

129626, Россия, Москва, 3-я Мытищинская ул., 16, а/я 91, gniiivm-m@ya.ru.

***Масаев Сергей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент ФГФОУ ВО Сибирский федеральный университет.*

660041, Россия, Красноярск, пр. Свободный, 82, faberi@list.ru.

***Минкин Денис Юрьевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, minkin@igps.ru.

***Миронович Олег Михайлович** – кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск), Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ) ВА МТО.*

191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. 10А, o.t.mir@yandex.ru.

***Михаил Иван Иванович** – кандидат педагогических наук, начальник кафедры физической подготовки ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного».*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3, nemo4ka74@gmail.com.

***Михов Олег Михайлович** – младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, mikhas95@gmail.com.

***Модин Никита Владимирович** – аспирант, кафедра корабельных систем управления ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).*

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, nikita.modin@yandex.ru.

***Мусиенко Тамара Викторовна** – доцент, доктор политических наук, кандидат исторических наук, заместитель начальника университета по научной работе ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, musienko@igps.ru.

***Никитин Александр Борисович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматики и телемеханики на железных дорогах ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, i_kushpil@mail.ru.

***Николаев Денис Валерьевич** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, nikolaev01@mail.ru.

***Омаров Руслан Гаджиевич** – оператор научной роты ФГКВОУВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3, omarovruslan341@gmail.ru.

***Палкина Елена Сергеевна** – доктор экономических наук, профессор кафедры инновационной экономики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет».*

190121, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, elena_palkina@hotmail.com.

***Пантелеев Роман Анатольевич** – преподаватель кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) ФГБКВУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, vatt@mil.ru.

***Песоцкий Александр Васильевич –** начальник отдела планирования учебного процесса учебно-методического центра ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, fire-risk@mail.ru.

***Покровская Оксана Дмитриевна** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры железнодорожных станций и узлов ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, insight1986@inbox.ru.

***Поляков Александр Степанович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, poljakov_as@mail.ru.

***Рахимов Илья Владимирович** – оператор научной роты (НИИ ВСИ МТО ВС РФ) ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. 10 А, ilyarakhimov91 @gmail.com.

***Рогова Дарья Андреевна** – аспирант кафедры логистические транспортные системы и технологии ФГАОУ ВО Российский университет транспорта (МИИТ).*

127994, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, dariya969@mail.ru.

***Рогозинский Глеб Гендрихович –** ведущий научный сотрудник лаборатории экологических проблем транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, gleb.rogozinsky@gmail.com.

Доцент ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича.

193232, Россия, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22, корп. 1, gleb.rogozinsky @gmail.com.

***Романова Ирина Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, romira-spb@mail.ru.

***Рыбицкий Владимир Анатольевич** – кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации) ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., 10А, vladimir-rybicki@mail.ru.

***Савинов Константин Николаевич** – кандидат военных наук, доцент, начальник кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) ФГБКВУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, vatt@mil.ru.

***Савушкин Сергей Александрович** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела прогнозирования развития транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, ssavushkin@mail.ru.

***Савчук Олег Николаевич** – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры сервис безопасности ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, oleg-savcuk@mail.ru.

***Самигуллин Гафур Халафович** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, samigullin.g@igps.ru.

***Сапелкин Артём Иванович** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, x.y_z@mail.ru.

***Свидзинская Галина Борисовна** – доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, gnsw2@mail.ru.

***Северин Сергей Николаевич** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, serega-siverin@yandex.ru.

***Селиверстов Святослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, seliverstov-yr@mail.ru.

***Селиверстов Ярослав Александрович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, seliverstov-yr@mail.ru.

***Сергеев Аркадий Анатольевич** – кандидат военных наук, доцент, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института (военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооружённых сил Российской Федерации)*

ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.

199034, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб., 10А, sergeev2903@rambler.ru.

***Сергеева Наталья Геннадьевна** – научный сотрудник ФГКВОУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, набережная Макарова, 8, pnagese@mail.ru.

***Сиек Юрий Леонардович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники, декан факультета морского приборостроения Санкт-Петербургского государственного морского технического университета (СПбГМТУ).*

190121, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 3, bor_fond93@mail.ru.

***Сизов Александр Павлович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.*

153040, Россия, Иваново, пр. Строителей, 33, kafppv@mail.ru.

***Синицын Михаил Геннадьевич** – старший преподаватель кафедры управления работой флота ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет водного транспорта.*

630005, Россия, Новосибирск, ул. Мичурина, 48, mihail_sinitsyn@mail.ru.

***Скороходов Дмитрий Алексеевич** – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., skorohodda@ mail.ru.

***Скрипник Игорь Леонидович** – доцент, кандидат технических наук ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, ig.skripnick2011@yandex.ru.

***Слепцов Алексей Валерьевич** – оператор научной роты ВА МТО 25 научно-исследовательского отдела (Исследований проблем применения железнодорожных войск), Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ) ВА МТО.*

191123, Россия, Санкт-Петербург, Воскресенская наб. 10А, slem-41@mail.ru.

***Смирнова Ольга Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет.*

625001, Россия, Тюмень, ул. Володарского, 38, smirnovaoj@tyuiu.ru.

***Соломин Андрей Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры вагонов и вагонного хозяйства Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС).*

344038, Россия, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, vag@kaf.rgups.ru.

***Сорокин Михаил Александрович** – адъюнкт ФГКВОУВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3, mishel-sorokin@rambler.ru.

***Стариченков Алексей Леонидович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).*

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, alstar72@yandex.ru.

***Сугоровский Антон Васильевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, gthdsq555@yandex.ru.

Сугоровский Артём Васильевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр. 9, gthdsq555@yandex.ru.

Сундуков Евгений Юрьевич *– кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

167982, Россия, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 26, translab@iespn.komisc.ru.

Сытдыков Максим Равильевич *– кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, maxim0205@mail.ru.

Танклевский Антон Леонидович *– аспирант Высшей школы техносферной безопасности ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.*

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, tanklevskiyantonio1692@gmail.com.

Тарабаев Антон Александрович *– младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, anton200895@mail.ru.

Тарабукина Надежда Андреевна *– старший инженер лаборатории проблем транспорта, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

167982, Россия, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 26, translab@iespn.komisc.ru.

Таранцев Александр Алексеевич *– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149.

Заведующий лабораторией проблем безопасности транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, t_ 54@mail.ru.

Таранцев Андрей Александрович *– преподаватель кафедры пожарной тактики и службы ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России.*

101000, Россия, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, t_ 54@mail.ru.

Тезиков Александр Львович *– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрографии моря ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова.*

198035, Россия, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, altezikov@yandex.ru, TezikovAL@gumrf.ru.

Терехин Сергей Николаевич *– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, expert_terehin@mail.ru.

Тецлав Илья Александрович *– старший преподаватель кафедры аэропортов и авиаперевозок ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации.*

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38, tetslavil@gmail.com.

Тимченко Вячеслав Сергеевич *– кандидат технических наук, Специалист по транспортным перевозкам ООО «РТС», Санкт-Петербургский союз ученых, Национальное общество имитационного моделирования.*

195112, Россия, Санкт-Петербург, пл. Карла Фаберже, 8, tim4enko.via4eslav@mail.ru.

Топоров Алексей Валерьевич *– кандидат технических наук, доцент кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.*

153022, Россия, Иваново, ул. Лежневская, 116, ironaxe@mail.ru.

Ульченко Михаил Васильевич *– кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела экономической политики и хозяйственной деятельности в Арктике и районах Крайнего Севера Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук».*

184209, Россия, Мурманская область, Апатиты, ул. Ферсмана, 24а, ulchenko23 @rambler.ru.

Уткин Сергей Вячеславович *– начальник учреждения ФГБУ Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по городу Санкт-Петербургу.*

197046, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пеньковая, 6, ipl.spb@gmail.com.

Фахми Шакиб Субхиевич *– доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории интеллектуальных транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, shakeebf@mail.ru.

профессор кафедры систем автоматизированного проектирования Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, корпус I, помещение 11-53, shakeebf@mail.ru.

Фёдоров Павел Николаевич *– кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра военной академии связи ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного» Министерства обороны Российской Федерации.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., 3.

Фискевич Александр Сергеевич *– кандидат военных наук, доцент кафедры общей тактики и общевоенных дисциплин Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений) ФГБКВУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, vatt@mil.ru.

Фомина Ирина Валерьевна *– научный сотрудник лаборатории проблем транспорта, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.*

167982, Россия, Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 26, translab@iespn.komisc.ru.

Хайдаров Андрей Геннадьевич *– доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры бизнес-информатики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).*

190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 26, andreyhaydarov@gmail.com.

Хасан Язид Абдулхамид *– аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).*

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5, корпус I, помещение 11-53, Midocom@mail.ru

Хашев Аскер Измудинович *– аспирант кафедры логистики и управлением транспортными системами ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения.*

344038, Россия, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, hash-93@mail.ru.

Хуторная Екатерина Викторовна *– кандидат технический наук, доцент кафедры Систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники ФГБОУВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет.*

190121, Россия, Санкт-Петербург, ул Лоцманская, 3, hutorianka@yandex.ru.

Цыганов Владимир Викторович *– доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, и.о. зав.отделом прогнозирования развития транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, v188958@akado.ru.

Черный Сергей Григорьевич *– заведующий кафедрой электрооборудования судов и автоматизации производства Керченского государственного морского технологического университета.*

298300, Россия, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, sergiiblack@gmail.com.

Черных Андрей Климентьевич *– доктор технических наук, доцент, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, nataliachernykh@mail.ru.

Профессор кафедры информатики и математики ФГКОУ ВПО Санкт-Петербургский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии РФ.

196105, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лётчика Пилютова, 1, nataliachernykh@mail.ru.

Четчуев Максим Владимирович *– кандидат технических наук, доцент, руководитель научно-образовательного центра «Мультимодальные транспортные системы», доцент кафедры железнодорожных станций и узлов ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».*

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, mts@pgups.ru.

Четчуева Валентина Геннадьевна *– заместитель начальника отдела транспортных решений Акционерного общества «РЖД Логистика» (филиал в Санкт-Петербурге).*

191036, Россия, Санкт-Петербург, ул. 4-я Советская, 16/10, v.g.chetchueva@mail.ru.

Чехова Анастасия Алановна *– аспирант энергетического факультета Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС).*

344038, Россия, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, ema@rgups.ru.

Шайдуров Иван Георгиевич *– старший преподаватель кафедры организации и управления в транспортных системах ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации.*

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38, naviaga@mail.ru.

Шаптала Вадим Владимирович *– кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры огневой подготовки Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина.*

308024, Россия, Белгород, ул. Горького, 71, shaptalavadim@yandex.ru.

Шарапов Андрей Александрович *– заместитель начальника Департамента охраны труда, промышленной безопасности и экологического контроля ОАО «РЖД».*

107174, Россия, Москва, ул. Новая Басманная, 2, sharapovandrey@mail.ru.

Шарапов Владимир Сергеевич *– адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, vc.sharapov@yandex.ru.

Шаталова Наталья Викторовна *– кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.*

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., 13, shatillen@mail.ru.

Шевченко Александр Александрович *– соискатель научно-исследовательского центра ФГКВОУВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3, alex_pavel1991@mail.ru.

***Шилов Александр Геннадьевич** – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, shilov@igps.ru.

***Широколобова Анастасия Павловна** – ассистент кафедры математического моделирования энергетических систем ФГБОУ Санкт-Петербургский государственный университет.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9, a.shirokolobova@spbu .ru

***Широухов Александр Валерьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, shiroukhov75@mail.ru.

***Штерцер Никита Андреевич** – магистр, оператор научной роты научно-исследовательского центра военной академии связи ФГКВОУ ВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного Министерства обороны Российской Федерации.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., 3.

***Шувалов Денис Владимирович** – кандидат технических наук, докторант Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, deonis.aphinsky@yandex.ru.

***Щетка Владимир Федорович** – профессор, кандидат военных наук, профессор кафедры системного анализа и управления ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 149, vfsche@mail.ru.

***Юров Александр Павлович** – кандитат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель генерального директора Акционерного общества «НЕЙРОКОМ».*

111250, Россия, Москва, а/я 17, a.yurov@neurocom.ru.

***Яшин Вениамин Иванович** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра военной академии связи ФГКВОУ ВО Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М.Буденного Министерства обороны Российской Федерации.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., 3.

***Яшин Михаил Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры восстановления устройств автоматики, телемеханики и связи на железных дорогах Военного института Железнодорожных войск и военных сообщений ФГБКВУВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.*

199034, Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, vatt@mil.ru.

Information about authors

***Abdullaev Jasurbek Y.** – Post-graduate student of the Department Management of Maintenance Works at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, zafarchik0901@ mail.ru.

***Ablyalimov Oleg Sergeyevich** – Doctor of Philosophy, Chief Scientific Worker, Acting Professor of the chair Locomotives and locomotive economy at Tashkent institute of railway transport engineering (TashIET).*

Adilkhodjaeva st., 1, Tashkent, 100167, Uzbekistan, o.ablyalimov@gmail.com.

***Acterski Yuri E.** – professor, doctor of military sciences, professor of the department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, aue2002@yandex.ru.

Anisimov Pavel F. *– Deputy Gen. Director at OOO «ECOSYSTEMS».*

M. Govorova sr., 14, St. Petersburg, 199188, Russian Federation, pvmmt@yandex.ru.

Asaul Anatoliy N. *– Doctor of Technical Sciences, Professor at Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU).*

Vtoraya Krasnoarmeiskaya st., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, asaul@yandex.ru

Baranov Alexey A. *– PhD, Department of fire safety of buildings and fire protection automated systems Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, baranov.a.a@mail.ru

Bashmakova Elena P. *– Ph.D. (Economics), Associate Professor, Leading Researcher of social policy in the North, Luzin Institute for Economics Studies – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»*

Fersman st. 24a, Apatity, Murmansk region, 184209, Russian Federation, bashmakova@iep.kolasc.net.ru

Bobrik Petr P. *– Ph.D., Senior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, Bobrikpp@mail.ru.

Bogdanovich Danila Ev. *– Graduate student of the Department Railway stations and hubs at Petersburg State University of Communications Alexander I.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg,190031, Russian Federation, bogdan_danila@inbox.ru.

Bordyug Alexander S. *– Associate Professor of the Department of electrical equipment of ships and automation of production at Kerch State Maritime Technological University.*

Ordzhonikidze st., 82, Kerch, 298300, Russian Federation, alexander.bordyug@mail.ru.

Borisov Aleksandr N*. – Postgraduate, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities at St. Petersburg State Maritime Technical University.*

Locmanskaya st., 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, bor_fond93@mail.ru.

Borisova Valeriya A. *– adjunct of the faculty of training highly qualified personnel Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, valery.borisova.01@yandex.ru.

Bruce Fyodor *– engineer 2nd category, Aurora JSC.*

Karbysheva st., 15, St. Petersburg 194021, Russian Ftdtration, 214545@gmail.com.

Bukatov Dmitry S. *– Candidate of Technical Sciences, Teacher of Department road service General Khrulev Military Academy of Logistics.*

Makarova Emb., 8, Saint-Petersburg, 199034, Russian Federation, dimonb1980@mail.ru.

Bulatov Vyacheslav O. *– Ph.D., assosiate professor forensic and engineering expertise Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, 79112231238@ya.ru.

Buyanov Mikhail S. *– Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of General tactics and General military disciplines at Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev Military Academy of Logistics*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, vatt@mil.ru.

Chekhova Anastasia Al. *– Graduate Student of the Energy Faculty, Rostov State Transport University (RSTU).*

Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation, ema@rgups.ru.

Chernyi Sergei G. *– Head of the Department of electrical equipment of ships and automation of production at Kerch State Maritime Technological University.*

Ordzhonikidze st., 82, Kerch, 298300, Russian Federation, sergiiblack@gmail.com.

Chernykh Andrey K. *– DPhil, Associate Professor, Professor of the Department of retraining and advanced training of specialists Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, nataliachernykh @mail.ru.

Professor of the Department of Informatics and Mathematics at St. Petersburg Military Order of Zhukov Institute of the National Guard of the Russian Federation.

Letchika Pilyutova st., 1, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, nataliachernykh@ mail.ru.

***Chetchuev Maksim V.** – Ph.D., Associate Professor, Head of research and education center Multimodal transport systems, Associate Professor of the department Railway stations and junctions at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg,, 190031, Russian Federation, mts@pgups.ru.

***Chetchueva Valentina G.** – Deputy Head of transport solutions JSC RZD Logistics (branch in Saint Petersburg).*

4th Sovetskaya st., 16/10, St. Petersburg,, 191036, Russian Federation, v.g.chetchueva@ mail.ru.

***Degtyarev Andrey V.** – Senior Captain of the Company Breadbox.*

Holland, captainandreydegtyarev@gmail.com.

***Dementiev Fedor A.** – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the criminal science department and technical engeening assessment Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, dementyev.f@igps.ru.

***Djabbarov Saidburkhan T.** – Doctor (DSc) of Technical Sciences, Professor of the Department «Construction of Railways, track and track facilities», Tashkent Institute of Railway Engineers*

Adilhodjaev st., 1, Tashkent, 100167, Uzbekistan, _saidhon_@inbox.ru.

***Dontsov Ivan P.** – Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the 25th Research Department Scientific Research Institute (All-Russian Special-Purpose Logistics Ministry of the Armed Forces of the Russian Federation) of the Military Academy of Logistics.*

Voskresenskaya Emb., 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, dontsovip @mail.ru.

***Dreshchinskiy Vladimir. A.** – Doctor of Military Sciences, Professor of Military Academy of Logistics.*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, pnagese@mail.ru.

***Drivolskaya Natalya A.** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor Faculty of Economics & Managment, Department of Transport Economics at Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University.*

Moskovsky Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, natabur76@mail.ru.

***Duke Vyacheslav** – Dr.Sci.Tech, chief researcher of the Laboratory of Intelligent Transport Systems Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, v_duke@mail.ru.

***Dyukov Alexander V.** – Senior Lecturer of the Department of General tactics and General military disciplines at Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev Military Academy of Logistics*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, vatt@mil.ru.

***Edimichev Dmitrij Al.** – PhD, Tech., Associate Professor at Siberian Federal University.*

Svobodny pr., 82, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation, edimichev@inbox.ru.

***Egorshev Sergey M.** – Director of the Development Programs Department at Ministry of Transport of the Russian Federation.*

Rozhdestvenka st., 1/1, Moscow, 109012, Russian Federation, egorshevsm@mintrans.ru.

***Eid Mussa M.** – Ph.D., Docent of Saint Petersburg Electrotechnical University LETI.*

Professor Popov st., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation, dr-musa@yandex.ru.

***Eliseev Dmitry V**. – Ph.D., Docent Department of Life Safety in the technosphere and human protection in emergency situations, Orel State University named after I.S. Turgenev.*

Komsomolskaya, 95, 302026, Orel, Russian Federation.

***Enaleev Anver K**. – PhD, Leading Researcher of the Department for Forecasting the Transport Systems Development (Moscow) at Solomenko Institute of Transport Problems of The Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, anver.en@gmail.com.

***Evglevskaya Natalya V.** – Ph.D. in Engineering Science, Lecturer of the Department of Security of Special Purpose Information and Communications Systems at Military Telecommunication Academy named after the Soviet Union Marshal Budienny S. M.*

Tikhoretskiy Ave., 3, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, n.evglevskaya@gmail. com.

***Fahmi Shakeeb S.** – Dr.Tech.Sc, docent, Leading Researcher Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, shakeebf@mail.ru;

Professor of Department of Computer Aided Design of Saint Petersburg Electrotechnical University LETI.

Professor Popov st., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation.

Leading researcher, Professor of the Department of Higher Mathematics and System Modeling of Complex Processes Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Moskovsky Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, shakeebf@mail.ru.

***Fiskevich Alexander S.** – Candidate of Military Sciences, Associate Professor of the Department of General tactics and General military disciplines at Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev Military Academy of Logistics.*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, vatt@mil.ru.

***Fyodorov Pavel N.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the research center of the military Academy of communications at Military Academy of communication named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny of the Ministry of defense of the Russian Federation*

Tikhoretskiy Ave., 3, K-64, St. Petersburg, 3194064, Russian Federation.

***Fomina Irina V.** – Researcher of the Laboratory of transport problem, Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS.*

Kommunisticheskaya st., 26, Syktyvkar, 167982, Russian Federation, translab@iespn. komisc.ru.

***Gaydukevich Alexandr Ye.** – senior software engineer of informatization and programming department, post-graduate student Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.*

Moskovsky Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, gaydukevicha@gmail. com.

***Gavkalyk Bogdan V.** – PhD, Docent of the department of fire, rescue and automobile equipment Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation.

***Gerasimchuk Ksenia E.** – Senior Lecturer of Department of the stations, units and cargo work at Ural State University of Railway Transport.*

Kolmogorova st., 66, Ekaterinburg, 620034, Russian Federation, KChemodanova@usurt.ru.

***Goryachev Ivan S.**– Postgraduate student of the Department of electrical equipment of ships and automation of production at Kerch State Maritime Technological University.*

Ordzhonikidze st., 82, Kerch, 298300, Russian Federation,esiap@mail.ru.

***Groshev Gennady M.** – Professor, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department Management of Maintenance Works at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, spbgroshev@gmail. com.

***Gumenyuk Vasiliy Iv.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Higher school of technosphere safety, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University.*

Polytechnicheskay st., 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, vasiliy.gumenyuk@ mail.ru.

***Hasan Yazeed Abdulhamid** – postgraduate of Computer Aided Design of Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI».*

Professor Popov st., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation, Midocom@mail.ru.

***Ilesaliev Daurenbek I.** – Ph.D. in Engineering, Associate Professor of the Department Transport logistics and service at Tashkent institute of railway engineering (TIRE).*

Odilkhodjaev st., 1, Tashkent, 100067, Uzbekistan, ilesaliev@mail.ru.

***Isotov Sergey S.** – Chief of the sector of Marine power plants sector Ltd «Central Marine research & Design Institute».*

Kavalergardskaya st., 6A, St. Petersburg, 191015, Russian Federation, izotov_sergey@ bk.ru.

***Istomina Alice A.** – Airline Representative at the Airport, Czech Airlines Representative Office.*

Pulkovo highway, 41, St. Petersburg, 196210, office 2049, lissikalissik@mail.ru.

***Ivakhniuk Grigorii K.** – Professor, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of fire safety of technological processes and production Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, fireside@inbox.ru.

***Ivanchenko Vera N.** – Associate Professor, Associate Professor of history and human resource management of Saint-Petersburg state University of civil aviation.*

Pilotov st., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, vera.ivanchenko2010 @yandex.ru.

***Ivanov Vitaliy Ev.** – Candidate of Sciences in Technology, Lecturer of the Department of mechanics, repair and machine parts (as part of UNK «Fire Fighting») at Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia.*

Lezhnevskaya st., 116, Ivanovo, 153022, Russian Federation, vitaliyivanov@yandex.ru.

***Ivanov Ilya I.** – Deputy Head of Department at JSC NEUROCOM.*

P.o. box 17, Moscow, 111250, Russian Federation, i.ivanov@neurocom.ru.

***Ivanova Natalia G. –** Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of economics and law department of life safety institute Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, ing4@bk.ru.

***Ivanova Maria O.** – PhD, Head of the Department of history and personnel management St. Petersburg state University of civil aviation.*

Pilotov st., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, ivanova_mo@mail.ru.

***Kadochnikova Elena N.** – Ph.D., associate professor of the department of fire safety of technological processes and productions Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, vf10@yandex.ru.

***Kalachev Mikhail A.** – Ph.D of economic sciences, Associate Professor of International financial and management accounting Department at Russian University of transport.*

Obraztsova st., 9/9, Moscow, 127994, Russian Federation, grif.mak@mail.ru.

***Kaminsky Valery Y. –** PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Laboratory at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation,Kaminskyvy@yandex.ru.

***Khaydarov Andrey G.** – assistant professor, Ph.D., assistant professor of department of business informatics Saint-Petersburg Institute of Technology.*

Moskovskiy Ave., 26, St. Petersburg, 190013, Russian Federation, andreyhaydarov@gmail.com.

***Khutornaia Ekaterina V. –** the Candidate of Technical Sciences, docent of department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities at St.Petersburg State Marine Technical University.*

Locmanskaya st., 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, hutorianka@yandex.ru.

***Kisilenko Anatoliy N.** – D.Sc. (Eng.), D.Sc. (Econ.), Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of transport problem, Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS.*

Kommunisticheskaya st., 26, Syktyvkar, 167982, Russian Federation, translab@iespn. komisc.ru.

***Kocherezhnikova Aleksandra O.** – adjunct of the faculty of training highly qualified personnel Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*

Moskovsky Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, a_kocherezhnikova@ bk.ru.

***Kolbashov Mikhail Al.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of fire safety of objects of protection (as part of UNK «State supervision») at Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia.*

Stroiteley Ave., 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation, kafppv@mail.ru.

***Komashinsky Vladimir Il.** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru.

***Komelkov Vyacheslav Al.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of fire safety of objects of protection (as part of UNK «State supervision») at Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia.*

Stroiteley Ave., 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation, kafppv@mail.ru.

***Konikova Elena V.** – Ph.D.(Tech.), Associate Professor, Docent of the Department of Airports and air transport at Saint-Petersburg State University of Civil Aviation.*

Pilotov st., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, elenavictorovnak@mail.ru.

***Korolev Oleg Al.** – Researcher in Laboratory of vehicle safety systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, korolev@iptran.ru.

***Koroleva Lyudmila A.** – assistant professor, Ph.D., deputy head of fire, rescue equipment and automotive industry department Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, lyudamil@mail.ru.

***Kostenko Vladimir V.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Railway stations and hubs at Petersburg State University of Communications Alexander I*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg,190031, Russian Federation, docentkostenko@ yandex.ru.

***Krugleevsky Vladimir N.** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, skpo@bk.ru.

***Krukova Marina S.** – teacher of the Department of theory and management of physical training and sports Military Institute of physical culture.*

Bolshoy Sampsonievsky Ave., 63, St. Petersburg, 194044, Russian Federation, krukova_ms @mail.ru.

***Krylatov Alexander Yu.** – Doctor of Scienc., Docent, Associate Professor of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems of Saint Petersburg University.*

Universitetskaya Emb., 7-9, St Petersburg 199034, Russian Federation, a.krylatov@spbu. ru.

Researcher of Laboratory of the Organization of Transport Systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, a.krylatov@spbu.ru.

***Krylov Yuri E.** – Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher at Solomenko Institute of Transport Problems Russian Academy of Sciences.*

12-th line V.O., 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, krylov_yuriy@mail.ru.

Ksenofontov Yuri G. *– Candidate of technical sciences Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, ksenofontov.ura@mail.ru.

Kukushkina Yana V. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Management of Maintenance Works at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, yana90179@mail.ru.

Kurakov Andrey V. *– Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, andykur@mail.ru.

Kushpil Igor V. *– Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, i_kushpil@mail.ru.

Kutuzov Vasily V. *– Associate Professor, PhD, professor of the Department of fire safety of buildings and fire protection automated systems Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, kutuzov-w@mail.ru.

Larin Oleg N. *– Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Logistics Transport Systems and Technologies of Russian University of transport (MIIT).*

Obraztsova st., 9, p. 9, Moscow, 127994, Russian Federation, larin_on@mail.ru.

Lastochkin Nikolay N. *– Candidate of Military Sciences, Deputy Head of the 25th Research Department Scientific Research Institute (All-Russian Special-Purpose Logistics Ministry of the Armed Forces of the Russian Federation) of the Military Academy of Logistics.*

Voskresenskaya Emb., 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, lasta555@mail.ru.

Lauta Oleg S. *– Ph.D. in Engineering Science, Senior Lecturer of the Department of Security of Special Purpose Information and Communications Systems at Military Telecommunication Academy named after the Soviet Union Marshal Budienny S. M.*

Tikhoretskiy Ave., 3, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, laos-82@yandex.ru.

Lebedeva Olga A. *– Ph.D., Associate Professor at Angarsk State Technical University.*

Tchaikovsky st., 60, Angarsk, Irkutsk Region, 665835, Russian Federation, kravhome@mail.ru.

Lemeshkova Alesya V. *– Junior Researcher of the department for forecasting the development of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, aleslemesh@mail.ru.

Lipatnikov Valery A. *– Grand PhD in Engineering sciences, Professor, Senior Researcher of Research Centre, Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budenny.*

Tikhoretskiy Ave., 3, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, lipatnikovanl@mail.ru.

Litovchenko Irina O. *– Ph.D., Teacher-Methodologist of the Department of planning the educational process Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, litovchenko.irina@bk.ru.

Lomov Valery Al. *– Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at Research Institute (military system studies of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation) Military Academy of Logistics.*

Voskresenskaya Emb., 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, Lomovvalera@mail.ru.

Lozhkin Vladimir N. *– professor, doctor of technical sciences, professor of the department of fire, rescue and automobile equipment Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, vnlojkin@yandex.ru.

Lozhkina Olga V. *– Grand PhD in Technical Sciences, PhD in Chemistry, Professor of the Department of Chemistry and Combustion at St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, olojkina@yandex.ru.

Leading Researcher of the Laboratory of environmental problems of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, olojkina@yandex.ru

Lukomskaya Olga Yu. *– Ph.D., Associate Professor, Leading Researcher of Laboratory of Intelligent Transport Systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, luol@iptran.ru.

Associate Professor of the Department Ship Control Systems Saint-Petersburg Electrotechnical University.

Professor Popov st., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation, luol@iptran.ru.

Lukomskiy Yuriy A. *– Doctor of Engineering Sciences, Professor of Saint Petersburg Electrotechnical University LETI.*

Professor Popov st., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation, loucomsqui@mail.ru.

Makaev Dmitriy V. *– engineer at JSC NEUROCOM.*

P.o. box 17, Moscow, 111250, Russian Federation, d.makaev@neurocom.ru.

Makarenko Evgenij A. *– PhD in Economics, Associate Professor of the Department of the management of high technology productions Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation.*

Bolshaya Morskaia st., 67, St. Petersburg, 190000, Russian Federation, ss300@yandex.ru.

Malashchuk Petr A. *– PhD, Senior Researcher of the Laboratory of transportation problems, Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS.*

Kommunisticheskaya st., 26, Syktyvkar, 167982, Russian Federation, translab@iespn.komisc.ru.

Malygin Igor G. *– Doctor of Technical Sciences, Professor, Director at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, malygin_com@mail.ru.

Marinov Marin L. *– PhD in Engineering Science, leading researcher at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, marinlomsky@gmail.com.

Markov Nikolay A. *– Researcher of the Joint-Stock Company «Scientific and Production Enterprise «Topaz».*

3rd Mytishchinskaya st., 16, PO Box 91, Moscow, 129626, Russian Federation, gniiivm-m@ya.ru.

Masaev Sergej N. *– PhD, Tech., Associate Professor at Siberian Federal University.*

Svobodny pr., 82, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation, faberi@list.ru.

Mazur Andrey S. *– Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of chemical energy Saint-Petersburg Institute of Technology.*

Moskovskiy Ave., 26, St. Petersburg, 190013, Russian Federation, mazuras@technolog.edu.ru.

Mikhail Ivan I. *– Ph.D. in Pedagogy, Head of the Department of Physical training at Military Telecommunication Academy named after the Soviet Union Marshal Budienny S. M.*

Tikhoretskiy Ave., 3, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, nemo4ka74@gmail.com.

Mikhov Oleg M. *– Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, mikhas95@gmail.com.

Minkin Denis Y. *– professor, doctor of technical sciences, professor of the department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, minkin@igps.ru.

Mironovich Oleg M. *– Candidate of Military Sciences, Senior Researcher 25th research department (research on the use of railway troops), Scientific and research institute of Military-System Studies Logistics.*

Voskresenskaya Emb, 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation. o.t.mir@yandex.ru.

Modin Nikita V. *– Postgraduate, Department of Ship Control Systems of Saint Petersburg Electrotechnical University LETI.*

Professor Popov st., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation, nikita.modin@yandex.ru.

Musienko Tamara V. *– Associate Professor, Doctor of Political Sciences, Candidate of Historical Sciences, Deputy Head of the university for scientific work Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, musienko@igps.ru.

Nikitin Alexander B. *– Doctor of Technical Sciences, Professor, head of department of Automation and remote control on railways at Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, i_kushpil@mail.ru.

Nikolaev Denis V. *– candidate of pedagogical sciences, docent of the department fire safety of buildings and automated fire extinguishing system Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, nikolaev01@mail.ru.

Omarov Ruslan G. *– Science company operator, Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budenny.*

Tikhoretskiy Ave., 3, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, omarovruslan341 @gmail.ru.

Palkina Elena S. *– Doctor of Economics, Professor of Innovation Economics Department at State Marine Technical University.*

Lotsmanskaya st., 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, elena_palkina@hotmail. com.

Panteleev Roman A. *– Lecturer of the Department Restoration of automation devices, telemechanics and communications on Railways at Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev Military Academy of Logistics.*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, vatt@mil.ru.

Pesotsky Alexandr V. *– Head of the Department of planning the educational process of the training center Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, pesotskiy@igps.ru.

Pokrovskaya Oksana D. *– doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department Railway stations and nodes at St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, St. Petersburg.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, insight1986@inbox.ru.

Polyakov Alexander S. *– Doctor of Technical Science, Professor, Professor of the Department of physical and technical bases of fire safety Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, poljakov_as@mail.ru.

Rakhimov Ilya Vl. *– operator of a scientific department Scientific Research Institute (All-Russian Special-Purpose Logistics Ministry of the Armed Forces of the Russian Federation) of the Military Academy of Logistics.*

Voskresenskaya Emb., 10A., St. Petersburg, 199034, Russian Federation, ilyarakhimov 91@gmail.com.

Rogova Daria A. *– PhD student at the Department of Logistics Transport Systems and Technologies of Russian University of transport (MIIT).*

Obraztsova st., 9, p. 9, Moscow, 127994, Russian Federation, dariya969@mail.ru.

Rogozinsky Gleb G. *– PhD in Technical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of environmental problems of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, gleb.rogozinsky@ gmail.com.

Associate Professor at Saint-Petersburg State University of Telecommunications.

22 Bolshevikov, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, gleb.rogozinsky@gmail.com.

Romanova Irina Yu. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Management of Maintenance Works at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, romira-spb@mail.ru.

Rybitsky Vladimir An. *– Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of The research Institute (military system research of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation) Military Academy of Logistics.*

Voskresenskaya Emb., 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, vladimir-rybicki@mail.ru.

Samigullin Gafur K. *– Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of fire safety of technological processes and productions Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, samigullin.g@igps.ru.

Sapelkin Artem I. *– adjunct, faculty of training of highly qualified personnel Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Avenue, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, x.y_z@mail.ru.

Savchuk Oleg N. *– PhD, Professor, Professor at the Department of safety service Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, oleg-savcuk@mail.ru.

Savinov Konstantin N. *– Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Head of the Department Restoration of automation devices, telemechanics and communications on Railways at Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev Military Academy of Logistics.*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, vatt@mil.ru.

Savushkin Sergey A. *– Ph.D.(math.), Leading Researcher of Moscow department of the department for forecasting the development of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, ssavushkin@mail.ru.

Seliverstov Svyatoslav A. *– Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov-yr@mail.ru.

Seliverstov Yaroslav A. *– Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Transport Systems of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO,13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, seliverstov-yr@mail.ru.

Sergeev Arkady An. *– Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at Research Institute (military system studies of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation) Military Academy of Logistics.*

Voskresenskaya Emb., 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, sergeev2903@ rambler.ru.

Sergeeva Natalya G. *– Research Assistant of Military Academy of Logistics.*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, pnagese@mail.ru.

Severin Sergey N. *– adjunct, faculty of training of highly qualified personnel Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, serega-siverin@ yandex.ru.

Shaptala Vadim V. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Pro-*

fessor of fire training department Belgorod Law Institute of Ministry of the Internal of the Russian Federation named after I. D. Putilin.

Gorky st., 71, Belgorod, 308024, Russian Federation, shaptalavadim@yandex.ru.

***Sharapov Andrey A.** – Deputy Head of the Department of labor protection, industrial safety and environmental control of JSC «RZD».*

Novaya Basmannaya st., 2, Moscow, 107174, Russian Federation, sharapovandrey@mail.ru.

***Sharapov Vladimir S.** – adjunct of the faculty of training highly qualified personnel Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, vc.sharapov@yandex.ru.

***Shatalova Natalya V.** – Ph.D., Leading Researcher of Laboratory of the organization of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, shatillen@mail.ru.

***Shaydurov Ivan G.** – senior lecture, Department of organization and management of transport systems at Saint-Petersburg State University of Civil Aviation*

Pilotov st., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, naviaga@mail.ru.

***Shchetka Vladimir F.** – Professor, Candidate of Military Sciences, Professor of the Department of system analysis and management Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, vfsche@mail.ru.

***Shevchenko Alexander A.** – PhD applicant of Research Centre, Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budenny.*

Tikhoretskiy Ave., 3, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, alex_pavel1991@mail.ru.

***Shilov Alexander G.** – adjunct of the faculty of training highly qualified personnel Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, shilov@igps.ru.

***Shirokolobova Anastasiya P**. – Assistant of Department of Mathematical Modelling of Energetic Systems of Saint Petersburg University.*

Universitetskaya Emb., 7-9, St Petersburg 199034, Russian Federation, a.shirokolobova@spbu.ru.

***Shiroukhov Alexander V.** – Ph.D., Associate Professor of mechanics and engineering graphics Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, shiroukhov75@mail.ru.

***Shtertser Nikita A.** – Master, operator of the scientific company of the research center of the military Academy of communications at Military Academy of communication named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny of the Ministry of defense of the Russian Federation*

Tikhoretskiy Ave., 3, K-64, St. Petersburg, 3194064, Russian Federation.

***Shuvalov Denis V.** − Candidate of Technical Sciences, Doctoral Student of the Military Academy of logistics named General A.V. Khrulev.*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, deonis.aphinsky@yandex.ru.

***Siek Yurij Leonardovich** – Ph.D., Head of Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities at St. Petersburg State Maritime Technical University.*

Locmanskaya st., 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation, bor_fond93@mail.ru.

***Sinitsyn Michael G.** – Senior Lecturer of the Department of Management of the fleet at Siberian State University of Water Transport.*

Michurina st., 48, Novosibirsk, 630005, Russian Federation, vika_06.07@mail.ru.

***Sizov Alexander P.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of fire safety of objects of protection (as part of UNK «State supervision») at Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia.*

Stroiteley Ave., 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation, kafppv@mail.ru.

Skorokhodov Dmitry A. *– Dr.Sci.Tech, Professor at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, skorohodda@mail.ru.

Skripnik Igor L. *– Associate Professor, Candidate of Technical Sciences Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, ig.skripnick2011 @yandex.ru.

Sleptsov Aleksey V. *– operator 10th scientific company MAL 25 scientific and research department (research on the use of railway troops), Scientific and research institute of Military-System Studies Logistics.*

Voskresenskaya Emb, 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, slem-41@mail.ru.

Smirnova Olga Y*. – PhD of Engineering, Department of Road transport, construction and road machines Tyumen Industrial University.*

Volodarskogo st., 38, Tyumen, 625001, Russian Federation, smirnovaoj@tyuiu.ru.

Solomin Andrey V. *– candidate of technical sciences, associate professor of the department Wagons and Wagon Economy, Rostov State Transport University (RSTU).*

Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation, vag@kaf.rgups.ru.

Sorokin Mikhail A. *– adjunct, Military Communications Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budenny.*

Tikhoretskiy Ave., 3, St. Petersburg, 194064, Russian Federation, mishel-sorokin@ rambler.ru.

Starichenkov Aleksey L. *– Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of Department at Saint Petersburg Electrotechnical University LETI.*

Professor Popov st., 5, St. Petersburg, 197022, Russian Federation, alstar72@yandex.ru.

Sugorovsky Anton V. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Management of Maintenance Works at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, gthdsq555@yandex. ru.

Sugorovsky Artyom V. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Railway Stations and Junctions at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, gthdsq555@yandex.ru.

Sundukov Evgenii Yu. *– senior researcher of the Laboratory of transportation problems, Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS.*

Kommunisticheskaya st., 26, Syktyvkar, 167982, Russian Federation, translab@iespn. komisc.ru.

Svidzinskaya Galina B. *– Associate Professor, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of physico-chemical principles of combustion and extinguishing Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, gnsw2@mail.ru.

Sytdykov Maksim R. *– Ph.D., Assistant Professor, Head of the Department of the fire, search-and-rescue equipment and vehicle fleet Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, maxim0205@mail.ru.

Tanklevskiy Anton L. *– graduate student of the Higher School of Technosphere Security FSAEI HE St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great.*

Polytechnicheskaya st., 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, tanklevskiyantonio1692@gmail.com.

Tarabaev Anton A. *– Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, anton200895@mail.ru.

Tarabukina Nadezhda A. *– Senior Engineer of the Laboratory of transportation problems, Institute for Socio-economic and energy problems in North of Komi SC UB RAS.*

Kommunisticheskaya st., 26, Syktyvkar, 167982, Russian Federation, nadandtar@mail.ru.

Tarantsev Alexander A. *– Ph.D., professor, professor of department of fire fighting organization and conduct of rescue operations of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Russian Ministry of Emergency Situations.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation;

Head of Laboratory Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, t_ 54@mail.ru.

Tarantsev Andrey A. *– teacher of the Department of fire tactics and service of Academy of state fire service of EMERCOM of Russia.*

Borisa Galushkina st., 4, Moscow, 101000, Russian Federation, t_ 54@mail.ru.

Teclav Ilya A. *– Senior Lecture, Department of Airports and air transport at Saint-Petersburg State University of Civil Aviation.*

Pilotov st., 38, St.Petersburg, 196210, Russian Federation, tetslavil@gmail.com.

Terekhin Sergey N. *– Grand PhD Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire-Fighting Systems of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, expert_terehin @mail.ru.

Tezikov Alexander L. *– Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of sea hydrography at Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping.*

Dvinskaya st., 5/7, St. Petersburg, 198035, Russian Federation, altezikov@yandex.ru, TezikovAL@gumrf.ru.

Timchenko Vyacheslav S. *– Ph.D., Specialist in transport transportations at LLC RTS, St. Petersburg union of scientists, National society of imitating modeling.*

Karl Fabergé Square, 8, St. Petersburg, 195112, Russian Federation, tim4enko.via4eslav @mail.ru.

Toporov Aleksey V. *– Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor of the Department of mechanics, repair and machine parts (as part of UNK «Fire Fighting») at Ivanovo fire and rescue Academy of the Ministry of emergency situations of Russia.*

Lezhnevskaya st., 116, Ivanovo, 153022, Russian Federation, ironaxe@mail.ru.

Tsyganov Vladimir V. *– Ph.D., Professor, Chief Researcher, Acting Head of the Department for forecasting the development of transport systems at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, v188958@akado.ru.

Ulchenko Mikhail V. *– Ph.D. (Economics), Associate Professor, Leading Researcher of department of_economic policy of economic activity in the Arctic and the regions of the Far North, Luzin Institute for Economics Studies – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»*

Fersman st. 24a, Apatity, Murmansk region, 184209, Russian Federation, ulchenko23 @rambler.ru.

Utkin Sergey V. *– Head of institution Forensic expert institution of the federal fire service «Test fire laboratory» in the city of St. Petersburg».*

Penjkovaya st., 6, St. Petersburg, 197046, Russian Federation, ipl.spb@gmail.com.

Vas`kov Victor T. *– Ph. D., Head of the duty service office of the Governor of St. Petersburg.*

Smolny, St. Petersburg, 193000, Russian Federation.

Vinichenko Victoria Al. *– Ph.D. (Economy), Associate Professor of transport and Finance Economics Department at Siberian State University of Water Transport.*

Michurina st., 48, Novosibirsk, 630005, Russia, vika_06.07@mail.ru.

Visloguzov Victor V. *– PhD in Engineering Science, Leading Researcher at Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences.*

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, info@iptran.ru.

Vlasova Tatiana V. *– senior lecturer of the department fire safety of buildings and automated fire extinguishing system Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, vlasova_ti@mail.ru.

Volodin Aleksey B. *– Ph.D., Director of the Scientific and Educational Center for Sea and River Transport at Russian University of Transport (MIIT).*

Obraztsova st., 9, p. 9, Moscow, 127994, Russian Federation,ab.volodin@mail.ru.

Volykhina Natalia V. *– senior lecturer, Department of Economics of Transport Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, natalyabatalova@yandex.ru.

Voronin Sergey V. *– Associate Professor, Candidate of Technical Sciences Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.*

Moskovskiy Ave., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, wsw1@yandex.ru.

Voytko Aleksandr M. *– Senior Lecturer of Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

Vtoraya Krasnoarmeiskaya st., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, 6876104@ mail.ru.

Yashin Mikhail G. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department Restoration of automation devices, telemechanics and communications on Railways at Military Institute of Railway Troops and Military Transport of Khrulev Military Academy of Logistics.*

Makarova Emb., 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, vatt@mil.ru.

Yashin Veniamin I. *– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the research center of the military Academy of communications at Military Academy of communication named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny of the Ministry of defense of the Russian Federation*

Tikhoretskiy Ave., 3, K-64, St. Petersburg, 3194064, Russian Federation.

Yurov Alexander P. *– Ph.D., Deputy CEO at JSC NEUROCOM.*

P.o. box 17, Moscow, 111250, Russian Federation, a.yurov@neurocom.ru.

Zaitsev Evgeniy N. *– Doctor of Sciences (Tech.), Professor, Professor of Department of organization and management of transport systems at Saint-Petersburg State University of Civil Aviation.*

Pilotov st., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, enzaitsev@mail.ru.

Zavalnyuk Sergey Iv. *– Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at The research Institute (military system studies of material and technical support of the Armed forces of the Russian Federation) Military Academy of Logistics.*

Voskresenskaya Emb., 10A, St. Petersburg, 191123, Russian Federation, s-zavalnuk@ mail.ru.

Zenina Nadezhda N. *– Candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department Production Management and staffing of the transport complex of Russian University of transport (MIIT).*

Obraztsova st., 9, p. 9, Moscow, 127994, Russian Federation, znn1@yandex.ru.

Zheleznyak Alexander Al. *– Associate Professor of the Department of electrical equipment of ships and automation of production at Kerch State Maritime Technological University.*

Ordzhonikidze st., 82, Kerch, 298300, Russian Federation, zheleznyak13@mail.ru.

Zhuravleva Natalia A. *– Doctor of Economics, Professor, Department of Economics of Transport Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

Moskovskiy Ave., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, zhuravleva_na@mail.ru.

«ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ – 2019»

Материалы Международной научно-практической конференции

12-13 НОЯБРЯ 2019 ГОДА

Научное издание

Составитель сборника
Шаталова Наталья Викторовна

Подписано в печать 15.12.2019	Заказ №	Формат
Печать цифровая	Объем	Тираж 200 экз.

Отпечатано в полиграфическом центре типографического комплекса
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149

476