

**Отделение нанотехнологий и информационных технологий
Российской академии наук
Министерство транспорта Российской Федерации
ОАО «Российские железные дороги»
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
Институт проблем транспорта
им. Н.С. Соломенко Российской академии наук**

**«ТРАНСПОРТ РОССИИ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ -
2018»**

13-14 НОЯБРЯ 2018 ГОДА

**Материалы
международной
научно–практической конференции**

Санкт-Петербург – 2018

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 ГПС 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-7225/2018 от 16.10.2018

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 - 2018. Материалы Международной научно-практической конференции. 13-14 ноября 2018 г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург. 2018. Том 2. 362 с.

ISBN 978-5-6041745-2-4

ВБК 39

© ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2018

© Коллектив авторов, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Королев О.А. ВНЕДРЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ	7
Малыгин И.Г., Таранцев А.А., Шарапов А.А. О ПЕРСПЕКТИВАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	14
Абанин С.Г., Железнов М.М., Кузнецов М.В. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОН РИСКА В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ	21
Коннова Л.А. ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	24
Швецов А.В., Громов В.Н. АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ЗОН ДОСМОТРА НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕ-НА	28
Маринов Марин Любенов РОЛЬ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ ПОВЕДЕНИЯ В ЭТИОЛОГИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ	31
Гламочлия Боян РЕАГИРОВАНИЕ СЕКТОРА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ ПРОИСШЕСТВИИ	37
Доброборский Б.С., Захматов В.Д. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	41
Ложкина О.В., Ложкин В.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ МОНИТОРИНГА ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА НА НАСЕЛЕНИЕ	44
Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Тимофеев В.Д. ОПАСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ «СУПЕРСМОГА» ТОРФЯНОГО ПОЖАРА И ТУМАНА НА УСЛОВИЯ И УЧАСТНИКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	48
Коробейникова Е.Г. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПАТЕНТЫ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ 1994-2017 гг. В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА	52
Казанская Л.Ф., Ризакулов Ш.Ш. РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОМПАНИИ	55
Лукомский Ю.А., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. БЕЗОПАСНОСТЬ И РИСКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	59
Королева Л.А., Хайдаров А.Г. ВВЕДЕНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ В ОЦЕНКУ РИСКА И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	66
Поляков А.С., Константинова А.С. ПОРОШКОВОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ	71
Печурин А.А., Преснов А.И., Марченко М.А. МЕТОДИКА ВЫБОРА И МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ	76
Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	81
Моторыгин Ю.Д., Акимова А.Б. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТ ХРАНЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	84
Мухаммед Халил Абузалата, Моторыгин Ю.Д. СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЖАРООПАСНЫХ РЕЖИМОВ В ЭЛЕКТРОСЕТИ АВТОМОБИЛЯ	91
Сытдыков М.Р., Шилов А.Г. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЖАРНЫХ НАДСТРОЕК ОСНОВНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	97
Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т., Печурин А.А. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ КАБИН АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	101

Ксенофонтова В.А., Аблаев Р.Р., Кияшко Л.А. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПЕРЕД СТОЛКНОВЕНИЕМ ПО ОСТАТОЧНЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ	107
Круглеевский В.Н., Скороходов Д.А. МЕТОДЫ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	112
Елисеев Ю.Н., Сысоева Т.П., Кухарев А.А. ОБЗОР ПОЖАРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ИССЛЕДОВАННЫХ СЭУ ФПС «ИПЛ» МЧС РОССИИ В 2013–2017 годах	118
Таранцев А.А., Сытдыков М.Р., Пивоваров Н.Ю. К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЖИВУЧЕСТИ СЕТЕЙ НАРУЖНОГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДOPРОВОДА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	121
Колесников Е.Ю. ПРИРОДА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРНОГО РИСКА, СВЯЗАННОГО С ТРАНСПОРТОМ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ, СПОСОБЫ ЕЕ ОЦЕНКИ	130
Дормидонтов А.В., Миронова Л.В. ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА	136
Самигуллин Г.Х. ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА	139
Емельянова А.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ	143
Джаббаров Элвин-Хангар Оглы, Симонова М.А. СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОГО РИСКА НА ПЕРЕХОДАХ ГАЗОПРОВОДОВ ЧЕРЕЗ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ (НА ПРИМЕРЕ КОЛЬЦЕВОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)	145
Фахми Ш.С., Крюкова М.С., Хасан Язид Абдулхамид СРАВНЕНИЕ МЕТОДОМ КОДИРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ	148
Фахми Ш.С., Шаталова Н.В., Крюкова М.С., Хасан Язид Абдулхамид АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ПЕРЕДАЧИ КОНТУРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ	153
Волков А.К., Гладких А.А. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ, СВЯЗАННЫМИ С УТОМЛЯЕМОСТЬЮ, ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ РЕНТГЕНОТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИНТРОСКОПОВ	160
Пономарев К.Ю. СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО-КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ НЕВЫЯВЛЕННОГО ТИПА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ	163
Соболев Е.В., Рубцов Е.А., Атаев Д.А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ПРИКАСПИЙСКОГО ЦЕНТРА ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	167
Рубцов Е.А., Соболев Е.В., Гимранов Р.А. АНАЛИЗ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	171
Чугунов В.И. БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ ВЕРТОЛЕТОВ НАД ВОДНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ	176
Копейкин Н.Н. АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНСПЕКЦИИ ПО МАЛОМЕРНЫМ СУДАМ МЧС РОССИИ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ	180
Маринов Марин Любенов ПАРАМЕТРЫ ДРЕЙФА ВОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МАЛОГО ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДЬЯ	185
Чугунов В.И. БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ В РАЙОНЕ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ПОРТОВ	191
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	195
Ведерников Ю.В., Богданов А.В., Боснак Д.М. ЭВАКУАЦИЯ, ПЕРЕВОЗКА И ХРАНЕНИЕ МУЗЕЙНЫХ ПРЕДМЕТОВ И КОЛЛЕКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	199
Иванов К.С. НЕОБХОДИМОСТЬ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО НЕРОВНЫМ ДОРОГАМ	202

Качуро А.М.	
ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И НЕДОСТАТКИ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ	205
Реснянский С.Г.	
АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛЕБАНИЙ И ПОДВЕСКИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ	209
Широухов А.В.	
СИНТЕЗ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА	212
Ермошин Н.А., Букатов Д.С.	
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ СНЕГОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАЙОНАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	216
Каминский В.Ю., Скороходов Д.А.	
ПРИНЦИПЫ СБОРА ДАННЫХ ОБ ОТКАЗАХ ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	219
Кукуи Фирмин Дживо, Скороходов Д.А.	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСТАЛОСТИ СУДОВОГО СПЕЦИАЛИСТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ НЕСЕНИЯ ВАХТЫ	226
Стёпина П.А., Подопригора Н.В., Марусин А.В.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ ТС НА ИЗМЕНЕНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В СОСТОЯНИИ АЛКОГОЛЬНОГО ОПЬЯНЕНИЯ	232

СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Бардулин Е.Н., Жуков И.Ф., Сергушов М.А.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РФ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ	238
Селиверстов С.А., Яковенко О.Л.	
О РАЗРАБОТКЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕКРЕСТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ	242
Волкова Е.М., Корозвич В.В., Охотникова М.П.	
ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ	246
Махматкулов Шахобиддин Гиёсиддин угли, Икрамова Диёра, Дехконов Мирали Мирхон угли	
ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ В ЗОНЕ ОСНОВНОГО ХРАНЕНИЯ ТЕРМИНАЛА	250
Иголкин Г.В.	
ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ С УЧЕТОМ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ	254
Матвеев А.В., Богданова Е.М.	
МОДЕЛИ ARMA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ...	257
Калинина Е.С., Еременко С.П.	
К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	260
Пономарев В.В., Максимов В.А., Прокофьев А.С.	
АНАЛИЗ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	265
Кульчицкий В.К., Мешалов Р.О., Калинин А.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ В РОССИИ	269
Пономарев В.В., Григорьев С.В., Труш А.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ СИММЕТРИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В НИЖНЕВАРТОВСКОМ ЦЕНТРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	273
Волков А.К., Волков А.К.	
АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАССАЖИРОВ ПО КАТЕГОРИЯМ РИСКА	277
Сазанов А.М.	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАЩИЩЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА STM32	280
Буров И.А., Гришканич А.С.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ДРОНОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ И ПОИСКА ЛЮДЕЙ НА ДРЕЙФУЮЩИХ ЛЬДИНАХ	286
Топоров А.В., Сиабандов Э.Т.	
ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	291

Таргонский М.М. СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНО- ДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	294
Малышев Н.В., Ковалев К.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК	298
Абдурахманов Р.Ф., Сейитмембетов Рамазан Ренат оглу, Кучеренко В.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ТРАЛОВ АЗОВО-ЧЕРНОМОР- СКОГО БАССЕЙНА	301
Никитенко Я.А., Стороженко А.В., Литвинов А.Н. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ БЕЗРЕЛЬСО- ВОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНО-КРЫМСКОГО РЕГИОНА	304
Дали Ф.А., Егоров А.А. ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА КАК СРЕДСТВА ДОСТАВКИ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	308
Савчук О.Н., Аксенов А.А. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АХОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ	312
Шидловский А.Л., Чащин А.С., Марасанова К.Н. О СПОСОБЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ВОЗГОРАНИЙ ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ ПО- РИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	317
Рыжик М.В., Трофимец Е.Н. ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЗОВОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	320
Зедгенизов А.В., Налёттов И.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПРЕСС МЕТОДА ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА	324
Скрипка А.В., Борисова В.А., Королев А.А. ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ	328
Борисов А.Н., Борисова М.А. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТО- НОМНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ	333
Борисов А.Н., Борисова М.А. МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ	336
Добрецов Р.Ю., Васильев А.И. АВТОПОЕЗД С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ	340
Агеев О.Н. ОСОБЕННОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА	344
Аникеева Е.С., Иванова Е.С. ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ВЫСОТ- НЫХ ЗДАНИЯХ	348
Малышева Т.В., Бабушкина Ю.А., Сергеева Ю.А. ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКСПРЕСС РЕЙСОВ В ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЯХ	352
Малышева Т.В., Сергеева Ю.А., Бабушкина Ю.А. ПРИМЕНЕНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА СТАНЦИИ «МАГНИТОГОРСК - ГРУЗО- ВОЙ»	355
Ситкарёва В.В., Бахарева Л.А. ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ В ЦЕЛЯХ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ФИ- НАНСОВОЙ ОЧЕТНОСТИ	357

ВНЕДРЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

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., д. 13, malygin_com@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., д. 13, kama54@rambler.ru

Королев Олег Александрович – научный сотрудник
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии
наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, korolev@iptran.ru

Аннотация. В статье рассматриваются преимущества использования в городских условиях интеллектуальных транспортных систем (ИТС), обеспечивающих безопасность дорожного движения, снижение дорожно-транспортных происшествий и смертности на дорогах. Дается описание состава и архитектуры городской ИТС, позволяющей автоматизировать процессы сбора контекстных данных по авариям и осуществлять их обработку в реальном масштабе времени с целью оперативного реагирования на изменение транспортной ситуации. Приводится описание развиваемой в ИПТ РАН теории когнитивных транспортных систем, позволяющей расширить возможности традиционных ИТС за счет встраивания механизмов постоянного изучения и самообучения как в отдельные транспортные системы, так и транспортные инфраструктуры.

Ключевые слова: транспорт, безопасность дорожного движения, интеллектуальная транспортная система, когнитивный цикл, автоматизация сбора и обработки информации, транспортная инфраструктура.

THE INTRODUCTION OF COGNITIVE TECHNOLOGIES TO ENSURE ROAD SAFETY IN AN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Malygin Igor' G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of 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

Komashinsky Vladimir I. – Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Research of
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, kama54@rambler.ru

Korolev Oleg A. – associate research

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, korolev@iptran.ru

Abstract. The advantages of using intelligent transport systems (ITS) in urban conditions which enable secure road traffic, reducing the number of road traffic accidents and death rate on roads are considered in this article. The structure and architecture of the urban ITS systems are described: they enable automatizing the processes of gathering context data on road accidents and

performing their processing in real time scale with the purpose of dynamic response on changes in transport situation. The description of the theory of cognitive transport systems which is being developed in ITP RAS, which enables increasing the capabilities of traditional ITS with the help of introducing the mechanisms of constant research and self-teaching both into separate transport systems and also into transport infrastructures.

Keywords: transport, road traffic security, intelligent transport system, cognitive cycle, automation of gathering and processing of information, transport infrastructure

Начавшаяся в последние годы 4-я индустриальная революция привела к существенному повышению степени автоматизации в транспортной области, а с расширением возможностей производства недорогих автотранспортных средств их продажи постоянно растут. Мировые продажи новых легковых автомобилей за 2017 г. составили более 95 млн. Китай – безусловный лидер – 28,6 млн. легковых автомобилей или 30 процентов от общемировых продаж. Увеличиваются темпы продаж экологических электро- и гибридных автомобилей. При этом увеличивается нагрузка на транспортную инфраструктуру, существенно возрастают требования к эффективности управления отраслью, которая должна обеспечить высокую функциональность, экологичность, экономическую эффективность и, прежде всего, безопасность.

Одной из важнейших целей управления автомобильным транспортом является стремление минимизировать количество пострадавших людей, и прежде всего, детей в дорожно-транспортных происшествиях (рис.1). Несмотря на большие усилия международных коллективов ученых и практиков, занимающихся вопросами обеспечения безопасности дорожного движения, смертность на дорогах остается одной из самых острых проблем современного транспорта.

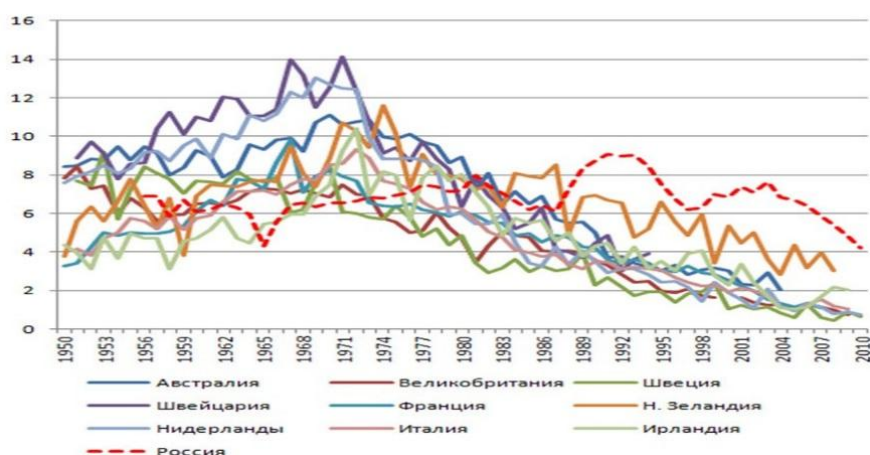


Рисунок 1 – Смертность детей от ДТП в различных странах мира в 1950-2010 годах

Данные статистики показывают, что до середины 80-х годов прошлого столетия, увеличение количества транспортных средств на дорогах мира приводило к пропорциональному увеличению количества ДТП, однако, в последующие годы ситуация начала изменяться. Одной из характерных особенностей 70-х годов явилось обострение противоречия между быстро растущим количеством транспортных средств и традиционными методами управления дорожным движением. Это определялось использованием традиционного подхода к управлению транспортной системой, основанного преимущественно на классическом администрировании и классических политиках управления, которые в значительной степени исчерпали себя. С наступлением третьей индустриальной эпохи ускоренными темпами начались процессы автоматизации промышленного, транспортного производства и систем управления транспортом.

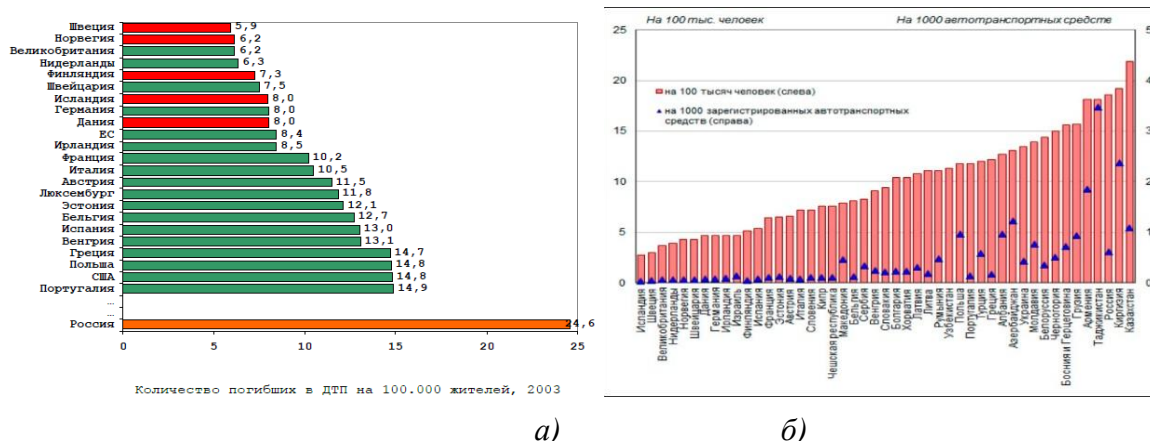


Рисунок 2 – Смертность от ДТП на 100 тысяч человек постоянного населения в различных странах мира в 2003 (а) и 2010 (б) годах

Разработка и создание первых автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУ ДД) показали их высокую эффективность в обеспечении безопасности (рис. 2).

Существующий опыт использования интеллектуальных транспортных систем (ИТС) показывал, что они являются эффективным инструментом для снижения уровня последствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Модели аварийного движения

Безопасность дорожного движения обычно рассматривается с точки зрения аварийного трафика и оценивается количеством погибших или травмированных в результате дорожно-транспортных происшествий. Ряд исследователей [1–3] определяет безопасность дорожного движения как математическое ожидание количества погибающих или получающих травмы в результате дорожно-транспортных происшествий в единицу времени. Необходимо отметить, термин «математическое ожидание» означает, что число погибших наиболее точно описывается случайным распределением Пуассона. В ряде случаев [3] в комплексном показателе уровня безопасности дорожного движения выделяют три основных аспекта: экспозицию, риски и последствия. В данном случае экспозиция определяет величины, влияющие на показатели количества несчастных случаев, приходящиеся на отдельного человека (или тыс. жителей) на 1 (или 1000) километр дорог, на определенное количество транспортных средств или время (час, сутки, год) и т.д. Перечисленные аспекты мультипликативно связаны с безопасностью [3]:

$$E(\text{Пострадавших}) = \text{Экспозиция} \times \left(\frac{E(\text{Аварий})}{\text{Экспозиция}} \right) \times \left(\frac{E(\text{Пострадавших})}{E(\text{Аварий})} \right), \quad (1)$$

где отношения $\frac{E(\text{Аварий})}{\text{Экспозиция}}$, $\frac{E(\text{Пострадавших})}{E(\text{Аварий})}$ определяют риски и последствия.

$$E(\text{Погибших}) = \text{Экспозиция} \times \left(\frac{E(\text{Пострадавших})}{\text{Экспозиция}} \right) \times \left(\frac{E(\text{Погибших})}{E(\text{Пострадавших})} \right). \quad (2)$$

Графическое представление взаимосвязи трех перечисленных аспектов безопасности показано на рисунке 3, где объем прямоугольного параллелепипеда, отражает ожидаемое число раненых или погибших.

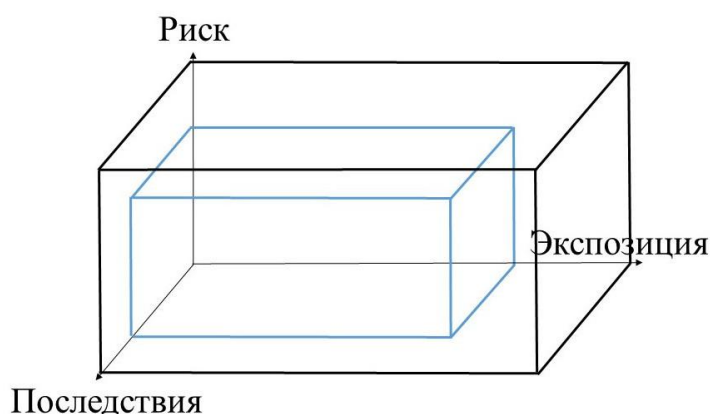


Рисунок 3 – Трехмерное представление аспектов транспортной безопасности

Теоретические подходы к исследованию ДТП

В настоящее время при исследовании безопасности дорожного движения и дорожно-транспортных происшествий наиболее часто применяются следующие пять теорий [5]:

1. Теория несчастных случаев, рассматривающая ДТП как случайные события.
2. Статистическая теория случайных событий (теория склонности к происшествиям).
3. Теория причинно-следственных связей, рассматривающая аварии как цепь причинно-следственных связей и предполагающая глубокое исследование аварийных событий.
4. Теория систем, рассматривающая аварии с системных позиций.
5. Теория поведения, рассматривающая причины аварий с точки зрения поведения людей.

Применение каждой из перечисленных теорий предполагает сбор контекстных данных для каждой конкретной теории, их обработку, выявление вероятностных, причинно-следственных, системных и других зависимостей, принятие решений, способствующих снижению аварийности и воплощению решений. При традиционном подходе все исследовательские операции выполняются вручную, при этом, на сбор данных, проведение исследований, выработку решений и их воплощение уходит очень много времени, в течение которого имеющие место аварийные факторы продолжают негативно влиять, способствуя новым авариям.

Роль интеллектуальных транспортных систем в снижении ДТП

Создание интеллектуальной транспортной системы (рис. 4) позволит автоматизировать [4] процессы сбора контекстных данных по авариям с помощью датчиков, встраиваемых в транспортные средства и транспортную инфраструктуру, и на их основе производить автоматизированную обработку в реальном масштабе времени, используя для этого различные существующие и вновь разрабатываемые теории.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) с момента их первого появления продолжают интенсивно совершенствоваться и в настоящее время предоставляют не только широкие возможности по автоматизированному сбору данных и их обработке, но и обеспечивают транспортную администрацию необходимой информацией для принятия эффективных решений и оперативного управления дорожной ситуацией, транспортными потоками, парковочным пространством, техническим обслуживанием транспортных средств, экологическим мониторингом и т.д. Кроме того, ИТС позволяют оперативно информировать и информационно управлять поведением пешеходов и водителей на основе адаптивного управления светофорами, обновлением содержания электронных дорожных табло, указателей и т.д.

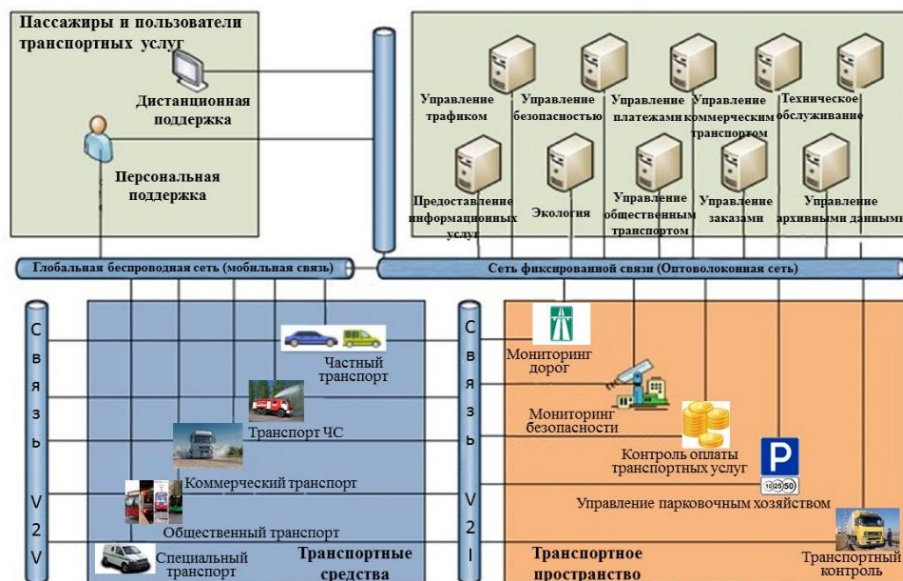


Рисунок 4 – Состав и архитектура городской ИТС

Постоянное совершенствование ИТС позволяет наиболее технологически развитым странам не только повышать эффективность использования транспортных ресурсов, но и существенно снижать аварийность и смертность на дорогах (рис. 5). Имеющиеся данные показывают, что ответственность за высокий уровень смертности на дорогах городов и агломераций в существенной степени лежит на управляющих администрациях, не желающих осуществлять интеллектуализацию городских транспортных систем.

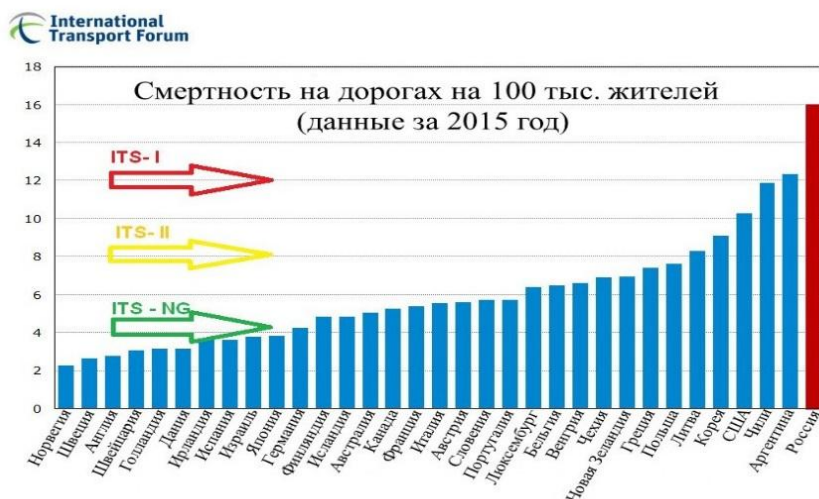


Рисунок 5 – Количество смертельных случаев на 100000 жителей для различных стран

Анализ изменений, происходящих в национальной и мировой транспортных системах, показывает, что все транспортные моды: автомобильная, железнодорожная, водная и авиационная, – динамично развиваются и усложняются, увеличивается количество транспортных средств, скорость их перемещения, разветвленность транспортных инфраструктур, возрастает количество перевозимых пассажиров и объемы транспортируемых грузов и т.д. Все эти факторы приводят к росту количества дорожно-

транспортных происшествий. В этих условиях повышение транспортной безопасности возможно только при условии реагирования на изменения в реальном масштабе времени.

Введение в когнитивный подход к обеспечению безопасности дорожного движения

Комплексный подход к развитию ИТС закономерно приводит к формированию перспективных когнитивных транспортных систем (КТС), которые обеспечивают непрерывный и всеохватывающий сбор данных о событиях, происходящих в транспортной среде (о состоянии дорог, погоды, транспортных средств, водителей и автопилотов, пассажиров и перевозимых грузов). КТС производят контекстную обработку больших данных о безопасности, экологии, ЧС, управлении логистикой и т.д., осуществляют непрерывное получение знаний о транспортной системе, самостоятельно принимают решения для выполнения необходимых действий исполнительными устройствами. Отличительной особенностью Когнитивной транспортной системы от ныне существующих ИТС является внедрение механизмов самообучения и саморазвития как в отдельные транспортные средства, так и в транспортные инфраструктуры, позволяющие обобщать опыт и функционировать все более и более эффективно.

В последние годы ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук (ИПТ РАН) развивает теорию построения когнитивных транспортных систем [5–12]. Применение механизмов изучения и самообучения в подсистемах управления безопасностью дорожного движения предполагает непрерывное использование когнитивных механизмов, в частности, комплекса когнитивных циклов (рис. 6), которые поддерживают непрерывные автономные процессы наблюдения за состояниями транспортного средства, водителя, дорожной инфраструктуры, ситуации на дороге и автономного реагирования в реальном масштабе времени.



Рисунок 6 – Когнитивный цикл системы транспортной безопасности

Проблема построения когнитивных систем транспортной безопасности становится все более и более актуальной, поскольку уже в настоящее время в мировой транспортной системе совместно функционируют как традиционные транспортные средства с водителем, так и автономные. Со временем, доля автономных транспортных средств и степень неоднородности транспортных потоков, несомненно, будет возрастать, что предполагает дальнейшее повышение интеллектуальности транспортных средств независимо от степени их автономности и интеллектуальности транспортных инфраструктур.

Выводы

Интеллектуализация транспортных средств и транспортных инфраструктур является одним из самых эффективных инструментов снижения дорожно-транспортных происшествий. Комплексное применение когнитивных технологий на транспорте за счет присущих им механизмов самообучения и саморазвития обеспечит высокий уровень интеллектуализации транспортной системы и позволит:

- существенно повысить уровень безопасности перевозки пассажиров и грузов, сократить количество дорожно-транспортных происшествий и уменьшив тяжесть их последствий;
- снизить среднее время перевозки пассажиров и доставки грузов на 20–55 процентов;
- повысить эффективность использования ресурсов пропускной способности транспортной системы страны;
- обеспечить более высокий уровень экологической безопасности
- получить существенный суммарный экономический эффект.

Список литературы

1. Elvik R. To what extent can theory account for the findings of road safety evaluation studies? // *Accident Analysis and Prevention*. 2004. № 36(5). pp. 841-849. doi:10.1016/j.aap.2003.08.003.
2. Monahan T. “War Rooms” of the Street: Surveillance Practices in Transportation Control Centers // *The Communication Review*. 2007. № 10(4). pp. 367-389. <https://doi.org/10.1080/10714420701715456>.
3. Nilsson G. Traffic Safety dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed and Safety. Bulletin 221. Department of Technology and Society. Lund University. Lund. Sweden. 2004.
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*. 2016. № 3. С. 8–17.
5. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Катцын Д.В. Некоторые проблемы построения когнитивных транспортных систем и сетей // *Транспорт России: проблемы и перспективы* – 2015. СПб: ИПТ РАН. 2015. Т.1. С. 3–8.
6. 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.
7. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю и др. Сети, информация и знания – основные драйверы Четвертой индустриальной революции (INDUSTRIE 4.0) // *Информация и космос*. 2016. № 1. С. 19–22.
8. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Малыгин И.Г. и др. 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.
9. Asaul A.N., Malygin I.G., Komashinskiy V.I. The project of intellectual multimodal transport system // *Transportation Research Procedia*. 2017. pp. 25-30. doi:10.1016/j.trpro.2017.01.006.
10. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Королев О.А. Информационно-управляющие системы водного транспорта в период четвертой индустриальной революции // *Транспорт: наука, техника, управление*. 2017. № 8. С. 3–12.

11. Шаталова Н.В., Козьмовский Д.В., Борисов А.Н. Современные вызовы информационной безопасности транспортной инфраструктуры // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 183–185.

12. Шаталова Н.В., Бахарев Т.С. Развитие транспортной инфраструктуры // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015. СПб: ИПТ РАН. 2015. С. 278–281.

УДК614.83+656.2+656.08

О ПЕРСПЕКТИВАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

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., д. 13, malygin_com@mail.ru

Таранцев Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, 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., д. 13, t__54@mail.ru

профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-
спасательных работ

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, t__54@mail.ru

Шарапов Андрей Александрович – заместитель начальника Департамента охраны
труда, промышленной безопасности и экологического контроля ОАО «РЖД»

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»

107173, Россия, Москва, ул. Новая Басманная, дом 2

Аннотация. Рассмотрены вопросы пожарной опасности и пожаротушения перспективного подвижного состава – газотурбовозов, газотепловозов, двухэтажных вагонов с использованием инновационных методов – быстротвердеющей пены и температурно активированной воды. Показана необходимость разработки нормативного документа - Рекомендаций по тушению пожаров на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, пожаротушение, локомотивы газовой турбины, локомотивы газового отопления, двухэтажные автомобили, быстро укрепляющаяся пена, активированная температурой вода, сжиженный природный газ.

ABOUT PERSPECTIVES OF MAINTENANCE OF FIRE SAFETY BY RAILWAY TRANSPORT

Malygin Igor' G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of 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

Tarancev Aleksandr Al. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the laboratory of the problems of security of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences,

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, info@iptran.ru

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation

Sharapov Andrei A. – Deputy Head of the Department for Occupational Safety, Industrial Safety and Environmental Control of “Russian Railways”
Open Joint-Stock Company “Russian Railways”
2, Novaya Basmannaya Street, Moscow, 107173, Russian Federation

Abstract. The issues of fire danger and fire fighting of prospective rolling stock – gas turbine locomotives, gas locomotives, double-deck cars using innovative methods – fast-hardening foam and temperature-activated water are considered. The necessity of developing a regulatory document – Recommendations for extinguishing fires in railway transport

Keywords: railway transport, fire-fighting, gas-turbine locomotives, gas-heating locomotives, two-storey cars, fast-hardening foam, temperature-activated water, liquefied natural gas.

Введение

Железнодорожный транспорт (ЖДТ) является важнейшей составляющей логистической системы как РФ, так других стран и мировой экономики в целом. У нас основной железнодорожной компанией является ОАО «РЖД» (с 2003 г.), в ведение которой входит инфраструктура ЖДТ и подвижной состав. ОАО «РЖД» осуществляет транспортное обслуживание в 77 из 85 субъектов РФ. По состоянию на 2018 г. в состав ОАО «РЖД» входит 16 филиалов – железных дорог, ряд ДЗО, дирекций и др. структур, где в общей сложности работают 737 тыс. человек – >1% от общего числа занятых в экономике России. В части обеспечения безопасности ОАО «РЖД» тесно взаимодействует с ФГП ВО ЖДТ, МЧС и МВД России, другими министерствами и ведомствами.

ЖДТ содержит три основных составляющих – подвижной состав [1], инфраструктуру [2] и обеспечивающие объекты – управления, производственно-ремонтные, учебно-образовательные, больницы, поликлиники и т.п. В состав инфраструктуры входят: рельсовый путь и полоса отвода, места хранения шпал, контейнерные площадки, железнодорожные и промывочно-пропарочные станции, железнодорожные и пешеходные мосты и тоннели, посты ЭЦ, ДЦ и ГАЦ, грузовые дворы, а также вокзалы. Подвижной состав разделяется на локомотивы (тепловозы, электровозы, мотовозы, ранее – паровозы), вагоны (пассажирские, грузовые) и моторвагонный состав (электро- и дизель-поезда, автомотрисы, дрезины).

На ОАО «РЖД» приходится >27% пассажирооборота всей транспортной системы России и >45% её грузооборота (без учёта трубопроводного транспорта – 87%).

Новое в подвижном составе железнодорожного транспорта

На современном этапе развития ОАО «РЖД» важной тенденцией является внедрение газотурбовозов, газотепловозов (рис.1) и двухэтажных пассажирских вагонов (рис.2), приходящих на смену традиционным плацкартным вагонам.



Рисунок 1– Газотурбовоз – GT1h-002 магистральный модульный (а) и газотепловоз ТЭМ19 – тепловоз экономичный маневровый (б)

существует риск взрыва и образования огненного шара [3], во втором – повышенная опасность для пассажиров 2-го этажа, особенно при пожаре в ночное время [4].

Разумеется, борьбе с пожарами на ЖДТ уделялось и уделяется большое внимание – профилактическая и нормативная работа осуществляется ЦБТ ОАО «РЖД», тушение пожаров производится силами ФГП ВО ЖДТ и ГПС МЧС России с привлечением в ряде случаев других структур – МВД и МО России. При этом задействуются пожарные поезда и автомобили – АЦ, АВП, АКТ, АСА, ГДЗС и др.

Тем не менее, появление новых объектов подвижного состава – газотепловозов, газотурбовозов и двухэтажных вагонов требует и разработки новых инновационных методов борьбы с пожарами.



Рисунок 5 – Взрыв емкости с СУГ



Рисунок 6 – Горение 2-этажного вагона

Инновационные методы борьбы с пожарами

Важным инновационным методом взрывопожароподавления является использование быстротвердеющей пены (БТП), преимуществами которой являются устойчивая защита поверхности от высокой температуры и излучения ввиду хорошей адгезии и её устойчивость к опасным факторам пожара. Это было продемонстрировано в ходе натурного эксперимента на базе ООО «НПО СОПОТ» с личным участием его директора Н. Г. Куприна и некоторых сотрудников ИПТ РАН. На рисунке 7 показан момент импульсной подачи БТП для защиты макета подвижного состава при горении аварийного пролива СПГ, на рисунке 8 – телеметрическая регистрация температуры, свидетельствующая о её снижении при нанесении слоя БТП на макет.



Рисунок 7 – Подача БТП пушкой для защиты макета подвижного состава (белый цилиндр)

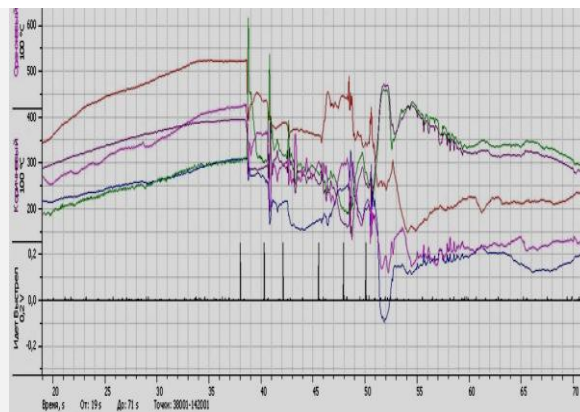


Рисунок 8 – Результаты телеметрической регистрации температуры на макете подвижного состава при подаче БТП

Другим важным инновационным методом тушения пожара и защиты конструкций подвижного состава и объектов инфраструктуры, а также людей, является применение температурно активированной воды (ТАВ). Сущность метода заключается в том, что вода в баке при повышенном давлении нагревается до температуры, превышающей температуру кипения, а затем дросселируется из ствола в туманообразном безопасном для человека состоянии (рис. 9). Установка для получения ТАВ (рис. 10) запатентована [5, 6]. Она может размещаться как на специальных автомобилях, способных работать при низких температурах, так стационарно и на подвижном составе ЖДТ для защиты локомотивов (рис. 11), цистерн (рис. 12), вагонов, в т.ч. двухэтажных (рис. 13) и др., будучи смонтирована на специальной платформе в составе поезда – рис. 14.



Рисунок 9 – Профессор Роенко В. В. (в форме) показывает, насколько ТАВ безопасна для человека

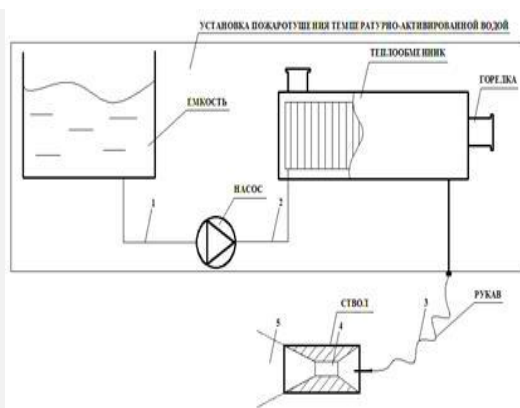


Рисунок 10 – Схема установки для получения ТАВ

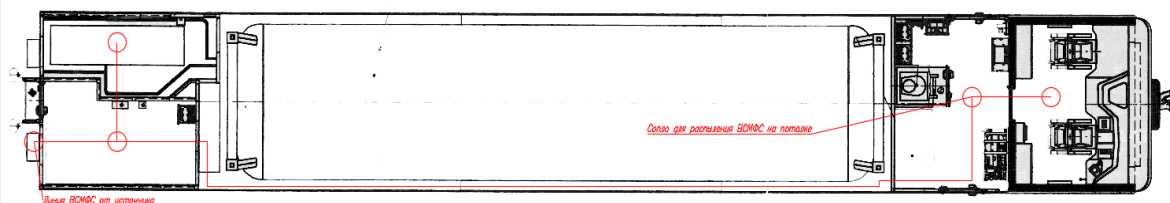


Рисунок 11 – Схема системы установки пожаротушения ТАВ в газотурбовозе ГТ1h

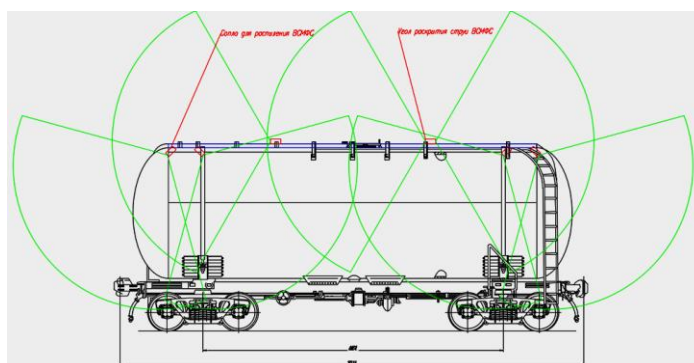


Рисунок 12 – Схема расположения сопел ТАВ на 4-осной железнодорожной цистерне (вид сбоку)

Рекомендации по тушению пожаров на железнодорожном транспорте

Вышеперечисленное обуславливает необходимость разработки нового нормативного документа взамен существующего Руководства по тушению пожаров на ЖДТ [7] от 2001 года – Рекомендаций по тушению пожаров на ЖДТ [8], учитывающего особенности новых образцов подвижного состава и инновационных методов тушения и спасения людей. Рекомен-

дации [8] по заданию ОАО «РЖД» были разработаны коллективом ИПТ РАН им Н.С. Соломенко с исполнителями в рамках НИР «Разработка Рекомендаций по тушению пожаров на железнодорожном транспорте» в рамках договора с ОАО «РЖД» №2335142 от 16.03.2017 г. Рекомендации [8] одержат 8 глав, 10 приложений и список литературы из 69-и наименований.

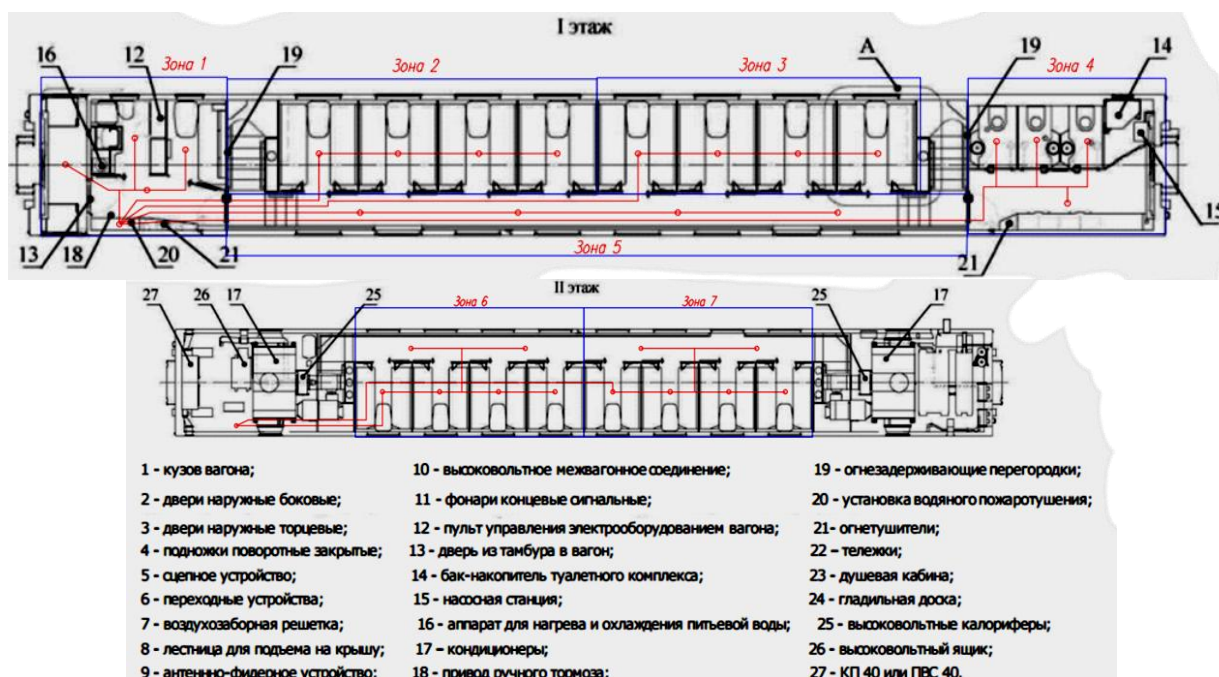


Рисунок 13 – Схема системы пожаротушения ТАВ в двухэтажном купейном вагоне

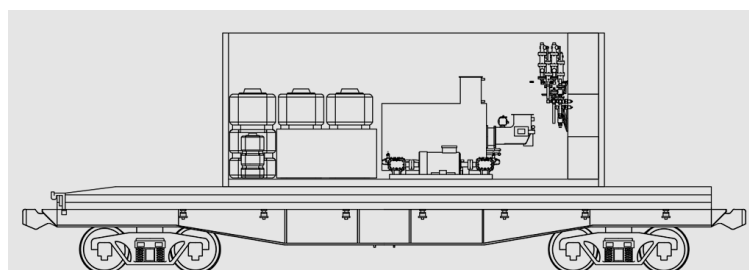


Рисунок 14 – Внешний вид установки ТАВ на платформе

Первая глава «Пожарная опасность и особенности развития пожаров» содержит 4 раздела, куда вошли общие положения, сведения в части классификации, пожарная опасность и общие особенности развития пожаров на стационарных объектах и подвижном составе ЖДТ.

Вторая глава «Поражающие факторы опасных грузов» содержит 12 разделов, куда вошли: классификация опасных грузов; воздействие пожара (взрыва) на человека, здания и сооружения; особенности пожаров (взрывов) при авариях с СУГ; опасные факторы при авариях с ЛВЖ, ГЖ и АХОВ; безопасные расстояния для людей и зданий различного назначения; расчётные аварийные ситуации на типовых объектах ОАО «РЖД»; оперативно-тактическая характеристика железнодорожных станций, локомотивных и вагонных депо; предотвращение аварийных ситуаций, приводящих к пожарам (взрывам) при перевозке опасных грузов; локализация воздействия опасных факторов пожара (взрыва) на производственный персонал объектов ОАО «РЖД»; рекомендации при проектировании объектов ЖДТ.

Третья глава «Порядок оповещения о пожаре и организация его тушения» аналогична 2-й главе Руководства [7] и состоит из двух разделов, куда вошли собственно порядок оповещения о пожаре и организация тушения пожара.

Четвертая глава «Приемы и способы тушения пожаров на стационарных объектах и подвижном составе» аналогична 3-й главе Руководства [7] и состоит из 14 разделов, куда вошли общие положения, а также тушение пожара в административно-бытовых зданиях, на производственных объектах ОАО «РЖД», в складских помещениях и на грузовых дворах, в железнодорожных тоннелях, на локомотивах и мотор-вагонном подвижном составе, в обычных и двухэтажных пассажирских вагонах, в рефрижераторных вагонах, в грузовых вагонах с твердыми горючими материалами и веществами, в вагонах (цистернах) с ЛВЖ, ГЖ и СУГ, при перевозке и хранении взрывчатых веществ и материалов, а также радиоактивных материалов и веществ.

Пятая глава «Тушения пожаров в сложных условиях» аналогична 4-й главе Руководства [7] и содержит 4 раздела, куда вошли особенности тушения пожаров в непригодной для дыхания среде, при неблагоприятных климатических условиях, при недостатке воды и в условиях особой опасности для личного состава пожарных подразделений.

Шестая и седьмая главы – соответственно «Основные меры безопасности при тушении пожаров на железнодорожном транспорте» и «Разработка оперативной документации и подготовка личного состава пожарных подразделений» аналогичны главам 6 и 7 Руководства [7].

Восьмая глава «Инновационные методы тушения подвижного состава ОАО «РЖД» является принципиально новой и содержит 2 раздела, куда вошли общие положения и порядок тушения газотурбовозов и газотепловозов.

Приложения уточняют и конкретизируют положения глав и содержат следующую информацию: параметры развития и тушения пожаров; тактико-технические характеристики пожарной техники, оборудования и снаряжения подразделений ОАО «РЖД», ГПС МЧС России и других ведомств; параметры боевого развертывания и нормативы требуемого количества личного состава пожарных подразделений; характеристика локомотивов и подвижного состава; пример аварийной карточки; знаки опасности; классификация взрывчатых материалов, параметры развития пожара и меры безопасности; термины и определения; пример пожара двухэтажного вагона; беззачорное сцепное устройство двухэтажного вагона.

Рекомендации [8] являются логическим развитием положений Руководства [7], но учитывают принципиальные изменения - появление новых видов локомотивов и вагонов, новых огнетушащих веществ и инновационных способов тушения, а также изменения в структуре ЖДТ и нормативных документах. Это позволяет обеспечить больший уровень пожарной безопасности ЖДТ и устойчивость в целом логистической системы РФ. Кроме того, внедрение Рекомендаций [8] позволит обеспечить и значительный экономический эффект.

Выводы

Таким образом, в данной работе рассмотрены особенности новых образцов подвижного состава ОАО «РЖД», их пожарная опасность и способы тушения с использованием инновационных технологий – БТВ и ТАВ. Приведены основные сведения о новом нормативном документе ОАО «РЖД» – Рекомендациях по тушению пожаров на ЖДТ.

Список литературы

1. Абрамов Е.Р. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав с двигателями внутреннего сгорания Отечественных железных дорог. 2015. 433 с. <http://trainzport.ru/lokomotivy-i-motorvagonnyj-podvizhnoj-sostav-s-dvigatelyami-vnutrennego-sgoraniya-otechestvennykh-zheleznykh-dorog-abramov-e-r-2015/>
2. Уздин М.М., Ефименко Ю.И., Филиппов М.М. и др. Железные дороги. Общий курс. Учебник для ВУЗов под ред. М.М.Уздина. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Транспорт. 1991. 295 с.
3. Методика определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах (Утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404).

6. Таранцев А.А., Малыгин М.Г., Иванов С.А., Наумушкина К.А., Столярова А.А. Об обеспечении пожарной безопасности двухэтажных вагонов // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 7 (Т.26). С. 28–38.

7. Патент РФ №2095101. Установка для тушения пожара. Роевко В. В., Алешков М. В., Пряничников В. А. 10.11.97.

8. Патент РФ №2093225. Способ тушения пожара в условиях низких температур. Роевко В.В., Алешков М.В., Пряничников В.А. 20.10.97.

9. Руководство по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. М.: МПС РФ. 2001. 197 с.

10. Рекомендации по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. СПб: ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. 2018. 268 с.

УДК 656.081

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОН РИСКА В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Абанин Сергей Георгиевич – главный государственный инспектор отдела контроля и надзора Управления государственного железнодорожного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта

125993, Россия, Москва, Ленинградский проспект, 37

Железнов Максим Максимович – заместитель начальника управления научно-исследовательской работы Российского университета транспорта (МИИТ), доктор технических наук

127994, Россия, Москва, ул. Образцова, 9, стр.9

Кузнецов Михаил Васильевич – заместитель начальника Правового управления Федеральной службы по надзору в сфере транспорта

125993, Россия, Москва, Ленинградский проспект, 37

Аннотация. В статье описываются ключевые проблемы транспортного комплекса, препятствующие повышению уровня его безопасности и снижению аварийности.

Предлагается реализовать комплекс мер направленных на организацию эффективной системы выявления зон риска в транспортном комплексе, в том числе создание Научно-методического центра по безопасности на транспорте.

Ключевые слова: обеспечение безопасности, транспортный комплекс, научное сопровождение

Развитие транспортного комплекса, увеличение числа и разнообразие логистических цепочек, приход в отрасль новых участников перевозочного процесса, предоставляющих услуги по перевозке пассажиров и грузов, обслуживанию и ремонту транспортных и технических средств, а также внедрение новых технологических схем и технических устройств, поставил перед транспортным сообществом и государственными органами, ответственными за организацию его безаварийной работы, вопрос гарантированного обеспечения необходимого уровня безопасности при общем снижении административной нагрузки на бизнес.

В этой связи президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам 21 декабря 2016 года утверждена Программа «Реформа контрольной и надзорной деятельности», с основными целевыми показателями:

- снижение уровня ущерба охраняемым законом ценностям (жизнь и здоровье человека) на 50%;
- снижение уровня материального ущерба по контролируемым видам рисков на 30%;
- снижение административной нагрузки на организации и граждан, осуществляющих предпринимательскую деятельность, на 50%;
- повышение эффективности организации контрольно-надзорной деятельности. Рост индекса качества администрирования контрольно-надзорных функций на 200%.

В целях достижения данных целевых показателей планируется:

- внедрение риск-ориентированного подхода при осуществлении контрольно-надзорной деятельности;
- внедрение системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности;
- внедрение системы комплексной профилактики нарушений обязательных требований;
- систематизация, сокращение количества и актуализация обязательных требований;
- внедрение эффективных механизмов кадровой политики в деятельности контрольно-надзорных органов;
- внедрение системы предупреждения и профилактики коррупционных проявлений в контрольно-надзорной деятельности;
- автоматизация контрольно-надзорной деятельности;
- повышение качества реализации контрольно-надзорных полномочий на региональном и муниципальном уровнях.

Принципиальную основу для достижения поставленных целевых показателей составляют мероприятия основанные на концентрации ограниченных ресурсов государства в зонах максимального риска, оптимизации их использования, сборе и анализе информации о конкретных субъектах и формировании системы управления рисками.

Анализ мирового опыта, лучших практик и концепций обеспечения безопасности на различных видах транспорта, показал необходимость организации на государственном уровне системы активного поиска аварийных факторов и выработки мер, позволяющих их устранить или нивелировать их последствия.

Решение данной проблемы является общей для всех видов транспорта и обусловлено следующими факторами:

- происшествия продолжают случаться, несмотря на существование и выполнение многочисленных правил и положений;
- лица, причастные к происшествию, как правило, с неохотой сообщают избыточную их информацию организации, проводящей расследование и входящей в состав нормативного органа. А такая информация может иметь решающее значение для окончательного понимания обстоятельств случившегося и, следовательно, для разработки превентивных мер;
- занимающиеся расследованиями организации, входящие в состав нормативного органа, иногда вскрывают недостатки в работе самого такого органа, что может порождать:
 - 1) конфликты интересов;
 - 2) кризис доверия;
 - 3) возможности для вмешательства в вопросы предоставления информации в области безопасности.

Для выявления аварийных факторов необходимо создание базы данных, где будет храниться максимально полная информация о транспортных происшествиях и инцидентах (под инцидентом здесь понимается любое событие, кроме транспортного происшествия, которое могло повлиять на безопасность эксплуатации транспортного средства).

Эффективность создаваемой системы будет напрямую зависеть от объема и качества,

данных представляемых субъектами транспортной отрасли, интегрируемых в общую, динамическую систему факторов опасности и оценке риска. Должна быть создана база данных о результатах расследования транспортных происшествий, состояния транспортной инфраструктуры, транспортных средств и систем управления безопасностью хозяйствующих субъектов.

В рамках указанной системы должен производиться расчёт и прогнозирование меняющихся факторов риска, на базе обобщенных данных о результатах расследования транспортных происшествий и проведенных контрольно-надзорных мероприятий, технического состояния транспортных средств и инфраструктуры, систем управления безопасностью субъектов транспортной отрасли и добровольных сообщений, а также даваться оценка влияния оптимизации и совершенствования технологических производственных процессов, проводимых на основе применяемых инноваций.

Данная работа требует детальной методической проработки и может быть выполнена только силами научного исследовательского сообщества.

С учетом общих принципов обеспечения безопасности на транспорте (законность; непрерывность; интеграция в международные системы безопасности; соблюдение баланса интересов личности, общества и государства; взаимная ответственность личности, общества и государства в области обеспечения безопасности; взаимодействие субъектов транспортной инфраструктуры, органов государственной власти и органов местного самоуправления), а также идей и положений теории всеобщего менеджмента качества (TQM), стандартов системы менеджмента качества ISO 9000, в том числе, в части обеспечения максимальной независимости и объективности предоставления и обработки аналитической информации, принимая во внимание принцип о невозможности ограничения прав заявителя на основе информации содержащейся в добровольном сообщении, оптимальной точкой накопления подобной информации является научное учреждение. Государственный орган ассоциируется, прежде всего, с карательными функциями. Это ведёт к тому, что значительная часть информации об аварийных факторах к нему не поступает или поступает в искажённом виде. Коммерческая структура ориентирована на прибыль и не заинтересована вскрывать негативную информацию, которая влечёт за собой дополнительные издержки для бизнеса. Важным фактором является и то, что сохранность накопленной государственными органами и коммерческими структурами информации ставится под угрозу в случаях их реорганизации или прекращения ими хозяйственной деятельности.

Еще одним критически важным аспектом в обеспечении безопасности является человеческий фактор, на который прямо влияют уровень подготовки специалиста, его квалификационная и психологическая подготовленность. Данный факт свидетельствует о необходимости создания мощной информационной базы для научных исследований и использования ее для качественной подготовки профильных специалистов.

Учитывая, что система обеспечения безопасности на транспорте представляет собой целый комплекс административных, организационных и технических мер, направленных на дальнейшее улучшение качества изготовления, ремонта и эксплуатации техники и технических средств, совершенствования обучения и подготовки персонала, представляется целесообразным, для решения данных задач и выработки системных научно обоснованных методов недопущения транспортных происшествий, а также профилактических мер, создать Научно-методический центр по безопасности на транспорте.

Опыт подобной работы, проводимой международными организациями в части обеспечения безопасности полетов показал, что система управления безопасностью может эффективно работать только при условии достаточного информационного обеспечения. В ряде стран проводились и проводятся попытки увеличения потока информации, исходящей главным образом от работников транспортной системы и характеризующей случаи нарушения эксплуатационной безопасности. В связи с этим разрабатываются и применяются на практике мероприятия по снижению влияния боязни уголовной ответственности за сообщения о

нарушении работы любого звена транспортной системы. Обеспечение такого подхода и повышение гарантии анонимности сообщений, обработка и анализ данных о нарушениях безопасности выполняются независимой третьей стороной.

Таким образом, безусловным условием успешной деятельности Центра является его максимальное отдаление от органов государственной власти и управления. Более того, в глазах общества он не должен ассоциироваться с государственным аппаратом. Обязательным условием работы Центра должно стать обеспечение конфиденциальности за счёт обезличивания источников информации.

Основными задачами центра должны стать:

1. Создание и накопление базы данных о транспортных происшествиях и инцидентах.
2. Организация системы добровольного предоставления информации об инцидентах.
3. Выявление аварийных факторов и выработка рекомендаций по их предотвращению.

Деятельность Центра должна быть организована под патронажем Минтранса России и Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, как государственных органов определяющих государственную политику в сфере транспорта и осуществляющих специальные разрешительные, контрольные и надзорные функции, а также курироваться институтами гражданского общества, как основными заказчиками данных работ.

Организация Научно-методического центра по безопасности на транспорте уже на начальном этапе своей работы позволит заинтересованным органам государственной власти иметь дополнительную, высокой степени достоверности, информацию об аварийных факторах на транспорте, что существенно повысит эффективность государственного управления. Фактически, органы государственной власти получают постоянную научную поддержку при принятии решений по вопросам безопасности на транспорте. Производители транспортных средств и оборудования получают источник объективной информации о реальном качестве своей продукции. Общество, все граждане страны получают возможность опосредованного участия в повышении уровня безопасности на транспорте и, соответственно, своей личной безопасности.

Результаты работы Центра должны стать основой для формирования государственной программы по повышению безопасности на транспорте, которой в настоящее время нет.

УДК 656 73.01.05

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Коннова Людмила Алексеевна – доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела перспективных разработок и инновационных исследований в области безопасности жизнедеятельности

ФБГОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, konnova.spb@gmail.com

Руднев Евгений Владимирович – научный сотрудник отдела перспективных разработок и инновационных исследований в области безопасности жизнедеятельности.

ФБГОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, 53rudnev@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается инновационная наземная, воздушная и водная транспортная техника в аспекте применения в условиях Арктики. Обсуждается значимость такой техники для повышения оперативности и результативности поисково-спасательных работ в Арктическом регионе.

Ключевые слова. Арктическая зона Российской Федерации, спасатели, поисково-спасательные работы, наземный, воздушный и водный транспорт, поисково-спасательный транспорт.

THE PROBLEMATIC ISSUES OF THE TRANSPORT SUPPORT OF THE SEARCH AND RESCUE UNITS OF THE FEDERAL MIGRATION SERVICE OF THE RUSSIAN EMERGENCIES MINISTRY IN THE ARCTIC ZONE AND PROMISING SOLUTIONS

Konnova Lyudmila Al. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Senior Research Officer, Department of Advanced Development and Innovative Research in the field of life safety

St. Petersburg State University of Emergency Situations of Russia

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, konnova.spb@gmail.com

Rudnev Evgeny Vl. – Research Officer, Department of Advanced Development and Innovative Research in the field of life safety

St. Petersburg State University of Emergency Situations of Russia

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, 53rudnev@mail.ru

Abstract. This paper reviews innovative ground, air and water transport equipment in terms of usage in Arctic. The aim of this article is to evaluate the importance of such technologies to increase the speed and effectiveness of search and rescue in the Arctic region.

Keywords: Arctic zone of Russian Federation, search and rescue, ground, air and water transport, prospects of development of transport equipment.

Одним из основных составляющих системы комплексной безопасности для защиты населения, территорий и критически важных объектов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является обеспечение поисково-спасательной деятельности подразделений МЧС России транспортными средствами, пригодными для эксплуатации в суровых условиях Арктики. Масштабность территории арктической зоны, большие расстояния от позиций базирования спасательных подразделений до мест возможных аварий и несчастных случаев, климатические и сезонные ограничения актуализируют поиск инновационных решений для минимизации времени прибытия на место аварии без риска для спасателей. Перспективным путем поиска представляется отслеживание новых предложений и разработок в области транспортной техники, адаптированной для эксплуатации в суровых условиях Арктики.

В настоящее время на оснащении подразделений МЧС России находятся два вида наземной транспортной техники – гусеничные вездеходы и снегоболотоходы на шинах низкого давления [1]. Первые используются только в зимнее время, поскольку весной и летом уничтожают почвенный слой и нарушают экологическое равновесие тундры. В такой ситуации пригодными признаны вездеходы на шинах низкого давления. В то же время в связи с протяженностью и масштабностью территории АЗРФ (граница которой составляет 22 тыс. км, а площадь суши 3,5 млн км²) климатогеографические условия эксплуатации транспорта в разных областях и округах АЗРФ неоднозначны. Это является причиной необходимости доработок транспортных средств для привязки машин к конкретным условиям. Вся поступающая техника подвергается самостоятельным доработкам или используется техника собственной сборки [2]. Производятся дополнительные испытания, конструкторы-изобретатели вносят предложения в том числе по созданию вездеходов с активными прицепами, которые смо-

гут совершать перевозки людей в самых сложных условиях бездорожья и снеговых заносов, а также перевозить полные амбулатории, строительные и энергетические городки. Примером являются усовершенствованные вездеходы на базе «Нива», вездеходы «Шерп» «Шаман», модернизированный «Трэкол» и другие [3]. Сегодня в России имеется большой выбор высокопроходимых снегоболотоходов, выпускаемых в разных регионах страны. Но для эксплуатации в условиях арктической тундры наземный транспорт должен отвечать целому комплексу требований – быть не только высокопроходимым, холодоустойчивым, но и экологически щадящим, ремонтнопригодным и способным автономно работать в сотнях километрах от ближайших заправок.

Кроме наземной техники, для поиска и спасения людей в непроходимой арктической тундре незаменимым является воздушный транспорт. Авиация является единственным видом транспорта, который может быть использован на северных территориях круглый год. В условиях летной погоды на место происшествия вылетает вертолет, который доставляет необходимую технику и снегоходы или вездеходы. В северных регионах планируется расширять парк вертолетов марок «Ми» и «Ка», которые просты и надежны, Ка-26 уже 40 лет эксплуатируется на Крайнем Севере. Эти вертолеты могут храниться без ангаров и использоваться в диапазоне температур от -50 до $+50$ градусов. Их прямыми потомками являются Ка-126 и Ка-226 [4]. На сегодняшний день использование вертолетов поисково-спасательными подразделениями МЧС России в Арктической зоне проблематично в связи с длительным сроком согласования возможности использования вертолетов другого ведомства, и достаточно затратно [1]. Перспективными путями решения проблемы доступности вертолетной техники представляется гармонизация правового регулирования межведомственного взаимодействия, например, с Минтрансом, и с Минздравом, имеющим авиационный санитарный транспорт. О перспективах отлаженного взаимодействия свидетельствует опыт поисково-спасательного Дальневосточного регионального отряда по взаимодействию с территориальным центром медицины катастроф [5]. Перспективным представляется и развитие часто-государственного партнерства.

В плане повышения оперативности и результативности поиска и спасения, пострадавших в труднодоступной местности представляется перспективным развитие направления по созданию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), адаптированных к условиям Арктики. Примером является опыт спасательных формирований республики Саха (Якутия) [6]. БПЛА увеличивают шансы оперативного обнаружения потерявшихся в тундре, терпящих бедствие в местах охоты и рыбной ловли и в поисках туристов-экстремалов, число которых быстро растет в Арктике. С помощью БПЛА можно доставить в место бедствия необходимые средства помощи и средства связи. Поэтому разработки пригодных для арктических условий БПЛА относятся к приоритетным задачам проблемы совершенствования транспортного обеспечения подразделений МЧС России в Арктической зоне.

Следует отметить и потребность в таких воздушных транспортных средствах, какими являются аэросани. Лучшими на сегодняшний день представляются отечественные аэросани «Нерпа» и «Патруль», которые были представлены на международных выставках в 2016 г. [7]. Аэросани передвигаются по снегу и льду тягой воздушного винта. Первые аэросани были созданы в России еще в начале прошлого века, и применяются в основном в России, немного в Канаде и Скандинавии. В СССР массовыми моделями были «Север-2» и А-3 (КБ Туполев) и Ка-30.

Представляют интерес и современные экранопланы, которые по международной классификации (ИМО) относятся к морским судам. Они широко применялись на севере для перевозок людей и грузов между островами на архипелагах и между материком и островами. Экраноплан летит над поверхностью земли, воды, снега, льда с высокой скоростью на высоте несколько метров в пределах действия аэродинамического экрана. В настоящее время проходят испытания инновационные экранопланы [8]. Потенциал применения летательных

аппаратов и транспортных средств с воздушной подушкой в Арктике представлен в обзоре [9].

Для поисково-спасательных мероприятий на внутренних водных путях и акваториях прибрежной морской зоны и устьях крупных рек необходимы современные маневренные суда, какими являются, например, скоростные алюминиевые катера специального назначения. Актуальным является задача расширения эксплуатационных и функциональных возможностей судна, катера могут быть использованы спасателями и для ликвидации разливов нефти и для водолазных работ. Значительно облегчит работу спасателей и оснащение судов навигационным оборудованием и надежными средствами связи. Министерство чрезвычайных ситуаций является одним из заказчиков предприятия, выпускающего такие суда [10].

Таким образом, перспективными путями решения проблемных вопросов транспортного обеспечения поисково-спасательных подразделений МЧС России в Арктической зоне представляются:

- оснащение поисково-спасательной службы наземными средствами, пригодными для эксплуатации в конкретных условиях субъекта АЗРФ;
- гармонизация правового регулирования взаимодействия с силами и средствами других ведомств в плане взаимопомощи по использованию вертолетов;
- развитие частно-государственного партнерства;
- актуализация создания БПЛА, адаптированных к холодному климату;
- включение в парк транспортной спасательной техники современных аэросаней и экранопланов.

Список литературы

1. Бажуков И.Ф. Оснащение арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России техническими средствами. Проблемы и решения//Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в арктическом регионе: материалы VI форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» 13-16 июля 2017 года. Вытегра. 2017. С. 134–141.
2. Находкин Н.А. Современные технологии поиска и спасения в северо-восточной Арктике России // Научный электронный архив. [электронный ресурс] – режим доступа: url: <http://econf.rae.ru/article/6547> (дата обращения: 14.11.2018).
3. Вездеход тром-8 – уникальная разработка для болотистой местности [электронный ресурс] – режим доступа: url: <https://sitv.ru/arhiv/delo/rossijskaya-razrabotka-vezdexod-trom-8/> (дата обращения 10.11.2018).
4. Ксения Редичкина. Встанет ли полярная авиация на крыло // Российская Федерация сегодня. 2017. № 12. С. 38–40.
5. Лунин А.Д. Дальневосточный региональный поисково-спасательный отряд МЧС России: этапы становления, взаимодействия со службой медицины катастроф Минздрава России//Медицина катастроф. 2018. № 2 (102). С. 19–21.
6. Находкин Н.А., Быков А.Н. Опыт применения бпла при производстве поисковых работ, воздушного мониторинга лесных водных объектов в экстремальных физико-географических условиях Республики Саха (Якутия)// Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе матер. VI форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность» 13–16 июля 2017 года. Вытегра. 2017. С. 124–128.
7. 12 аэросаней, производящихся в России: едем по снегу [электронный ресурс] – режим доступа: url: <https://www.popmech.ru/made-in-russia/264592-12-aerosaney-proizvodya-shchikhsya-v-rossii-edem-po-snegu/#part0> (дата обращения 10.11.2018).
8. Чудо техники для Арктики. В Карелии испытывают новый экраноплан [электронный ресурс] – режим доступа: url: <https://news.sputnik.ru/ekonomika/783d4a7e5fd1569f6199930c963b847a7a07531d> (дата обращения 10.11.2018).

9. Соколянский С.П., Захарченко Ю.А., Долгополов А.А., Морозов В.П., Визель Е.П., Мерзликин Ю.Ю., Дунаевский А.И., Чесноков С.В., Мусатов Р.А. Амфибии с шасси на воздушной подушке – ключ к Арктике // Арктика: экология и экономика. 2012. № 1 (5). С. 38–43.
10. На страже акватории // Порт ньюс. Спец. выпуск. Декабрь 2017. С. 31.

УДК 656.2-027.45

АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ЗОН ДОСМОТРА НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

Швецов Алексей Владиславович – кандидат технических наук, начальник отдела транспортной безопасности

ХФ ФГУП «ЗащитаИнфоТранс Министерства транспорта Российской Федерации»
680038, Хабаровск, ул. Волочаевская, д. 188, @mail.ru

Громов Виктор Никифорович – доктор технических наук, профессор высшей школы киберфизических систем и управления

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, vgromov2018@list.ru

Аннотация. Вопрос обеспечения безопасности на метрополитене за последние три десятилетия значительно обострился. За данный период времени был совершен ряд терактов в метрополитенах тринадцати стран мира, в том числе в России, Великобритании, Бельгии, Франции и США. В работе предлагаются рекомендации по техническому оснащению зон досмотра на станциях метрополитена. Применение рекомендаций впервые позволяет сформировать в метро схему досмотра, при которой будет обеспечен досмотр 100% входящих пассажиров и их багажа на наличие запрещенных предметов, что является необходимым условием обеспечения безопасности на метрополитене.

Ключевые слова: метрополитен, станция метро, технические системы безопасности, зона досмотра, транспортная безопасность, запрещенные предметы, выявление запрещенных предметов, пропускная способность.

ASPECTS OF TECHNICAL EQUIPMENT OF SECURITY CHECK ZONES AT METRO STATIONS

Shvetsov Alexey V. – Ph.D., Head of the Department of Transport Security

ZashchitaInfoTrans of the Ministry of Transport of the Russian Federation

Volochaevskaya St., 188, Khabarovsk, 680038, Russian Federation, zit-otb@mail.ru

Gromov Victor N. - D. Sc. (Tech), Professor of the Higher School of Cyberphysical Systems and Management

Sankt-Peterburgskij politehniceskij universitet Petra Velikogo

Polytechnicheskaya St, 29, St. Petersburg, 195251, Russian Federation, vgromov2018@list.ru

Abstract. The issue of security on the metro over the past three decades has greatly exacerbated. During this period, a number of terrorist acts were committed in the subways of thirteen countries of the world, including in Russia, Great Britain, Belgium, France and the USA. The paper offers recommendations on the technical equipment of the inspection zones at metro stations. The use of recommendations for the first time allows you to create an inspection scheme in the metro, which will ensure that

100% of incoming passengers and their baggage are inspected for the presence of prohibited items, which is a prerequisite for ensuring security at the metro.

Keywords: metro, metro station, technical security systems, security check zones, transport security, prohibited items, detection of prohibited items, bandwidth.

Согласно утвержденной Правительством РФ "Комплексной программе обеспечения безопасности на транспорте" [1], закупаются и устанавливаются в зонах досмотра (расположенных в вестибюлях станций метро), инженерно-технические системы безопасности, предназначенные для досмотра пассажиров и багажа [2–15]. Досмотр осуществляется с целью выявления предметов и веществ запрещенных к проносу в метро (в первую очередь взрывных устройств и оружия).

При этом в метро формируется схема досмотра пассажиров и багажа во многом повторяющая схему досмотра, применяемую в аэропортах. Но следует признать, что результативность применения данной схемы досмотра в метро, снижается огромным пассажиропотоком метрополитена, достигающим, к примеру, в Московском метрополитене 9 млн человек в сутки [16].

Большая часть инженерно-технических систем безопасности, изначально разрабатывалась для применения в зонах досмотра аэропортов, и не имеет необходимой пропускной способности соответствующей пассажиропотоку метро.

В результате применяемые инженерно-технические системы безопасности физически не способны обеспечить досмотр всех входящих в метро пассажиров. При этом установить такое количество досмотровых систем, которое позволит досматривать весь пассажиропоток метрополитена, не позволяет площадь вестибюлей метро.

Для формирования в метро схемы досмотра пассажиров и багажа, обеспечивающей досмотр всех входящих пассажиров и их багажа на наличие запрещенных предметов, необходима разработка дополнительной инженерно-технической системы безопасности, пропускная способность которой позволит осуществлять потоковый досмотр 100% входящих в метрополитен пассажиров и их багажа на наличие запрещенных предметов.

Обязательным условием эффективного применения данной системы является ее функционирование без нанесения вреда здоровью человека (система не должна использовать рентгеновское излучение и т.п.). Несоблюдение данного условия повлечет массовый отказ пассажиров от прохождения досмотра с применением данной системы.

Основополагающим фактором при разработке дополнительной инженерно-технической системы безопасности, способной к потоковому контролю всех входящих в метро пассажиров и их багажа на наличие запрещенных предметов, является необходимость определить пропускную способность, которую должна обеспечивать данная система.

Для этого необходимо выявить максимальный входящий пассажиропоток в часы пик.

Согласно статистике [16], часы пик в Московском метро являются: 8.00-9.00 утра и 18.00-19.00 вечера.

В соответствии с подготовленным Московским метрополитеном рейтингом [16] «самыми загруженными станциями являются: "Комсомольская" – 163 тыс. чел./сут; "Выхино" – 146 тыс. чел./сут; "Юго-Западная" – 127 тыс. чел./сут» [16]. По результатам проведенного измерения количества пассажиров, входящих на данные станции, установлено, что в 7.30–9.00 утра пятницы максимальный входящий пассажиропоток достигает 14 чел./с. Следовательно, необходимая пропускная способность, которую должна обеспечивать система составляет: не менее 14 человек в секунду.

Разработка и оснащение зон досмотра дополнительной инженерно-технической системой безопасности с рассчитанной пропускной способностью позволит сформировать в метро схему досмотра, при которой будет обеспечен досмотр 100% входящих пассажиров и их багажа на наличие запрещенных предметов (рис. 1).

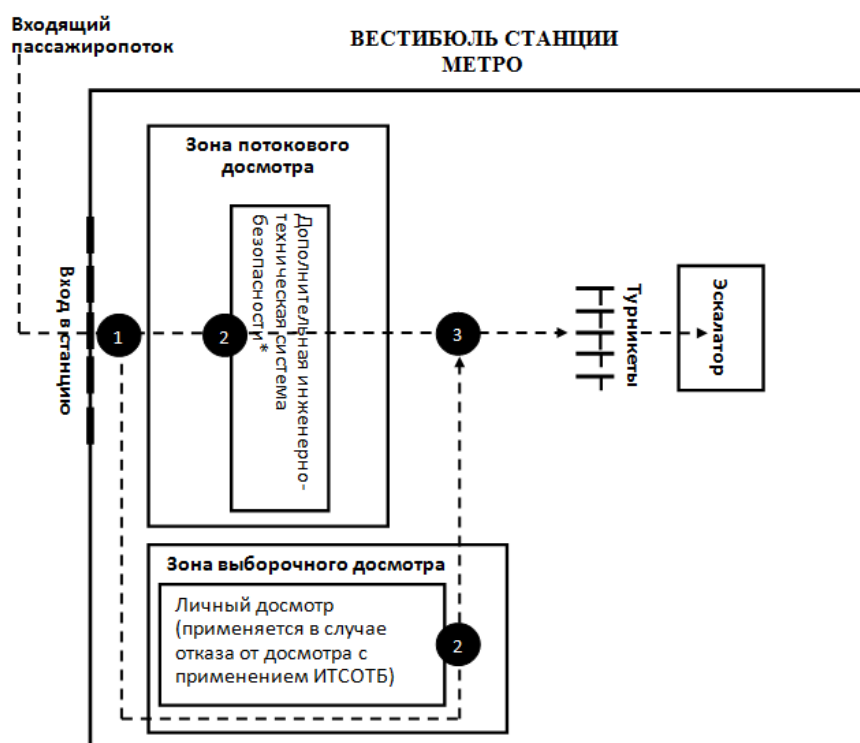


Рисунок 1 – Схема досмотра пассажиров и багажа в метро, обеспечивающая досмотр всех входящих пассажиров и их багажа на наличие запрещенных предметов

(Обозначения: 1 – разделение пассажиропотока, с отделением пассажиров отказавшихся проходить досмотр в зоне потокового досмотра и направлением данных пассажиров в зону выборочного досмотра; 2 – выявление запрещенных предметов; 3 - объединение пассажиропотока.

* Досмотровая система, способная к потоковому досмотру входящих пассажиров и багажа на наличие запрещенных предметов и имеющая пропускную способность не менее 14 человек в секунду)

Заключение

Разработаны рекомендации по техническому оснащению зон досмотра на станциях метрополитена. Применение предложенных в статье рекомендаций позволит сформировать в метро схему досмотра, при которой будет обеспечен досмотр 100% входящих пассажиров и их багажа на наличие запрещенных предметов.

Список литературы

1. Комплексная программа обеспечения безопасности населения на транспорте: Распоряжение Правительства РФ от 30.07.2010г. № 1285-р // Электр. текстов. дан. – <https://rg.ru/2010/11/11/bezopasnost-site-dok.html>
2. Shvetsov, A.V. Trends of Modern Terrorism in the Metro Systems of the World / Shvetsov, A.V., Sharov, V.A., Kozyrev, V.A., Shvetsova S.V., Balalaev A.S., Shvetsov M.A., Gromov V.N. // European Journal for Security Research. – 2018. Doi: <https://doi.org/10.1007/s41125-018-0037-9>
3. Borrión, H. Threat detection: A framework for security architects and designers of metropolitan rail systems / Borrión, E., Tripathi K, Chen P, Moon S // Urban Planning and Transport Research. 2014. Vol. 2. Issue. 1. P. 173–194.
4. Bruyelle, J-L. Improving the resilience of metro vehicle and passengers for an effective emergency response to terrorist attacks / Bruyelle, J-L., O'Neill, C., El-Koursi, E. et al. // Safety Science. 2014. Vol. 62. P. 37–45.

5. Larcher, M. Effectiveness of finite-element modelling of damage and injuries for explosions inside trains / M. Larcher, R. Forsberg, U. Björnstig et al. // Journal of Transportation Safety and Security. 2015. Vol. 8. Sup. 1. P. 83–100.
6. Setola, R. Critical infrastructure dependency assessment using the input–output inoperability model / R. Setola, S. De Porcellinis, M. Sforna // International Journal of Critical Infrastructure Protection. 2009. Vol. 2. Issue. 4. P. 170–178.
7. Lockey, D. London bombings July 2005: Immediate pre-hospital medical response / D. Lockey, R. MacKenzie, J. Redhead et al. // Resuscitation. 2005. Vol. 66. Issue 2. P. IX–XII.
8. Matsika, E. Development of Risk Assessment Specifications for Analysing Terrorist Attacks Vulnerability on Metro and Light Rail Systems / Matsika E, O'Neill C, Battista U, Khosravi M, Laporte A, Munoz E // Transportation Research Procedia. 2016. Vol. 14. P. 1345–1354.
9. Standberg, V. Rail bound traffic – a prime target for contemporary terrorist attacks / V. Standberg // Journal of Transportation Security. 2013. Vol. 6. Issue. 3. P. 271–286.
10. O'Neill, C. Mitigating the effects of firebombs and blast attacks on metro systems / C. O'Neill, A. Robinson, S. Ingleton // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2012. Vol. 48. P. 3518–3517.
11. Швецов А.В. Структурно-логическая модель защиты метрополитена / А.В. Швецов // Наука и техника транспорта. 2017. № 1. С. 88–96.
12. Швецова С.В. Тенденции современного терроризма на метрополитен / С.В. Швецова, А.В. Швецов // Мир транспорта. 2018. № 1. С. 200–210.
13. Малыгин И.Г. Применение интеллектуальных систем транспортной безопасности в мегаполисах: проблемы и перспективы / И.Г. Малыгин, М.В. Сильников // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2014. №3–4. С. 76–82.
14. DePalma, RG. Blast injuries / RG. DePalma, D. Burris, H.R. Champion, M. Hodgson // New England Journal of Medicine. 2005. Vol. 352. P. 335–342.
15. Shvetsov A.V. Method of protection of pedestrian zones against the terrorist attacks made by means of cars including off-road vehicles and trucks / A.V. Shvetsov, V.A. Sharov, S.V. Shvetsova // European Journal for Security Research. 2017. Vol. 2. Issue. 2. P. 119–129.
16. Годовой отчет Московского метрополитена за 2012 год [Офиц. сайт Московского метрополитена]. Режим доступа: <http://old.mosmetro.ru/upload/1716/2012.pdf>.

УДК 656.658.310.8; 656.001.5

РОЛЬ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ ПОВЕДЕНИЯ В ЭТИОЛОГИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Маринов Марин Любенов – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем

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

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, marinlomsky@gmail.com

***Аннотация.** При рассмотрении влияния человека на безопасность транспортной деятельности не учитывается влияние самых мощных и устойчивых факторов поведения – морали, воли и интереса. Влияние этих поведенческих факторов проявляется наиболее сильно в чрезвычайных ситуациях, когда в условиях стресса и непредсказуемости профессионализм и способности часто теряют свое значение. Мораль индивидуума в подобных ситуациях является своеобразной рамкой, в которой проявляются свободная воля и интерес. Мораль – фундаментальный, определяющий фактор человеческого поведения. Ре-*

зультаты проведенного моделирования и наблюдений показывают, что информация о моральной убежденности человека, его силы воли, преобладающих интересах, профессиональной и психологической подготовке, качествах, способностях, мотивации и потребностях – по отдельности, не может раскрыть долгосрочных тенденций его поведения. Воздействие перечисленных факторов – комплексное и только рассмотрение их в единстве и динамической взаимосвязи может указать на подлинные человеческие склонности. Те факторы, которые сейчас считаются определяющими безопасность профессионального поведения специалистов и руководителей транспорта, в действительности можно отнести к второстепенным (оперативным) факторам. Это – профессионализм, способности, качества, психофизиологическая подготовка. Проведенные исследования меняют существующее мнение о том, что только усилия, направленные на подбор людей с качествами, способностями и высокой профессиональной и психологической подготовкой, могут привести к ощутимому росту безопасности и увеличению эффективности профессиональных действий. Стремление оптимизировать второстепенные факторы и пренебрежение факторами ключевыми (мораль – воля – интерес) в нормальной обстановке и чрезвычайных ситуациях, является фундаментальной ошибкой и причиной низкой эффективности подходов к оптимизации профессиональной деятельности.

Ключевые слова: человеческий фактор, профессиональное поведение, моделирование, безопасность, эффективность.

THE ROLE OF THE KEY BEHAVIOURAL FACTORS IN THE ETIOLOGY OF EMERGENCIES AND ACCIDENTS

Marin Marinov Lyubenov – PhD, Leading Researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, marinlomsky@gmail.com

Abstract. When considering the human influence on the safety of transport activities is not taken into account the influence of the most powerful and stable factors of behavior - morality, will and interest. The impact of these behavioral factors is manifested most strongly in emergency, when under stress, and the unpredictability of the professionalism and abilities often lose their meaning. The morality of the individual in such situations is a frame in which there is free will and interest. Morality is a fundamental, defining factor of human behavior. The results of simulation and observations show that information about the moral conviction of a person, his strength of will, the prevailing interests of the professional and psychological preparation, qualities, abilities, motivation and needs - individually, may not reveal long-term trends of his behavior. The impact of these factors is complex and only consider them in the unity and dynamic of the relationship may indicate a genuine human tendencies. The factors that are now considered indicative of the safety of professional conduct of the specialists and managers of transport, in fact can be attributed to the secondary (operational) factors. It is - professionalism, ability, quality, psycho-physiological training. Conducted research change the existing opinion that the only effort aimed at recruitment of people with qualities, skills and high professional and psychological preparation, can lead to a noticeable increase security and increase the effectiveness of professional actions. The desire to optimize the secondary factors and the neglect of key factors (moral – will – interest) in normal circumstances and emergency situations, is a fundamental mistake and the reason for the low efficiency of the approaches to optimization of professional activity.

Keywords: human factor, professional behavior, situational modelling, security, effectiveness.

Стремление к эффективному управлению транспортной системой выражается в расширении сферы управления, т. е. в снижении доли неуправляемых процессов. Реализация заявленной программы – процесс не быстрый, характеризующийся значительными трудностями. В транспортных системах неуправляемые процессы часто перерастают в кризисы, чрезвычайные ситуации (ЧС) и несчастные случаи (НС).

Кризис любой транспортной системы можно определить как объективное явление, в основе которого лежит управленческая деятельность человека. Кризисы характеризуют уровень развития человека и могут быть вызваны как недостатком знаний, так и несовершенством управления. Оставаясь в русле данной концепции можно предположить, что по мере дальнейшего развития системы профессионального обучения на транспорте, развития транспортных технологий и систем управления, кризисы на транспорте можно будет исключить. Такое предположение выглядит логичным. Однако практика развития транспортной сферы свидетельствует об обратном. Несмотря на «человеческую природу» кризисов ЧС и НС избежать не удастся. Более того, во многих случаях именно человеческая природа или т. н. «человеческий фактор» является причиной и источником кризиса.

Чрезвычайную ситуацию на транспорте можно определить как обстановку, связанную с определенной транспортной системой, на определенной территории или в акватории, сложившуюся в результате каких-то непредвиденных событий (аварий, катастроф, террористических актов, стихийных или иных бедствий, неправильных управленческих решений и др.), которые могут повлечь или уже повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери.

Несчастный случай – это непредвиденное событие, неожиданное стечение обстоятельств, очень часто связанное с какой-то ЧС, – повлекшее телесное повреждение или смерть.

Выделяют четыре стадии развития чрезвычайной ситуации на транспорте [1, 2, 3]:

- стадия возникновения «кризиса», связанного с накоплением отклонений от нормального состояния или процесса. Иными словами, это стадия зарождения ЧС, которая может длиться сутки, месяцы, иногда годы;
- инициирование чрезвычайного события, лежащего в основе ЧС;
- развитие чрезвычайного происшествия, во время которого происходит высвобождение факторов риска (энергии или вещества), оказывающих неблагоприятное воздействие на население, объекты и природную среду;
- стадия затухания, которая хронологически охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности – локализации чрезвычайной ситуации – до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий, включая всю цепочку вторичных, третичных и т.д. последствий. Эта фаза при некоторых ЧС может по времени начинаться ещё до завершения третьей фазы.

Причины возникновения ЧС и сопутствующие им условия, подразделяют на внутренние и внешние [4, 5].

Внутренние причины возникновения ЧС и несчастных случаев: сложность технологий; недостаточная квалификация и некомпетентность обслуживающего персонала; проектно-конструкторские недоработки в механизмах и оборудовании; физический и моральный износ оборудования и механизмов; низкая трудовая и технологическая дисциплина и др.

Внешние причины: стихийные бедствия; неожиданное прекращение подачи энергоресурсов и технологических продуктов (программное обеспечение, интернет); терроризм; войны.

Современная транспортная наука, изучая закономерности профессиональной деятельности на транспорте, замечает, что обстоятельства, способствующие росту числа ЧС и несчастных случаев, возникают хотя и по объективным, но связанным с субъектом (человеком) обстоятельствам, причинам, которые можно разделить на *общие* и *конкретные* [6, 7, 8, 9].

Первую *общую* причину транспортная наука связывает с эволюцией человека. С развитием транспортных технологий вырос диапазон воздействия транспортного специалиста на окружающий мир. При этом расширился круг ответных реакций внешнего мира, когда возможности современного человека существенно отстают от уровня возросшей опасности. Развитие производства позволяет делать транспортную технику менее опасной, создаются соответствующие средства защиты от опасности, вырабатываются способы действия с учетом опасности и т. д. Однако с развитием техники опасность нарастает быстрее, чем человеческое противодействие ей.

Второй *общей* причиной, делающей условия труда и жизни операторов в сфере транспорта более жесткими и опасными, является рост цены ошибки.

Третья *общая* причина, способствующая росту ЧС и травматизма – адаптация человека к опасности. Постоянное взаимодействие с машинами и неосведомленность о характерных несчастных случаях ведут к тому, что человек адаптируется к опасности. Нередко из-за сиюминутной выгоды работник преднамеренно идет на нарушение правил безопасности. Люди, однажды безнаказанно нарушившие правила и получившие за счет этого определенные выгоды, повторяют подобные нарушения. Происходит адаптация не только к опасности, но и к нарушению правил.

В психологической классификации причин возникновения чрезвычайных ситуаций и несчастных случаев современная транспортная наука выделяет три класса [4, 10, 11]:

- нарушение мотивационной части действий. Проявляется в недостаточной убежденности и нежелании выполнять определенные действия (операции).
- нарушение ориентировочной части действий. Проявляется в незнании правил эксплуатации технических систем и норм по безопасности труда и способов их выполнения.
- нарушение исполнительной части. Проявляется в невыполнении правил (инструкций, предписаний, норм и т.д.) вследствие несоответствия профессиональных возможностей руководства (специалиста) требованиям работы. Такое несоответствие, как и в случае с нарушением мотивационной части действий, может быть постоянным и временным.

Новейшие модели рассматривают дополнительные факторы и более широкие обстоятельства возникновения ЧС. На рисунке 1 проиллюстрированы детали такого подхода. Некоторые авторы считают необходимым исследовать две главные составляющие человеческого фактора (влияние человека и последовательность событий), отмеченные на воображаемой оси времени, где зафиксирован только порядок их появления – сначала факторы влияния, а затем последовательность событий – но не масштаб.

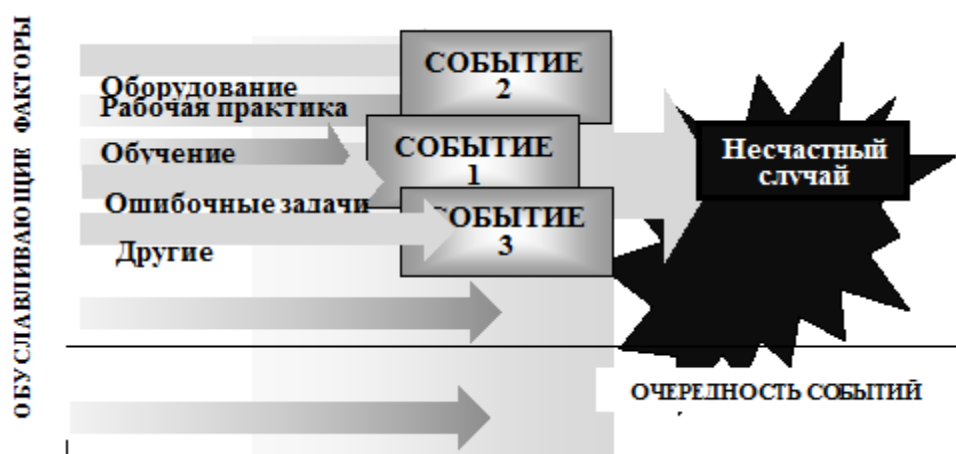


Рисунок 1 – Модель причинности возникновения ЧС и НС

Указанные аспекты являются существенными для понимания этиологии чрезвычайной ситуации и несчастного случая, но в подобных моделях не учитывается тотальное влияние некоторых очень важных, «ключевых» факторов поведения человека [3, 4, 6].

Первый важный фактор, определяющий поведения транспортных специалистов и руководителей в нормальных эксплуатационных условиях и ЧС – сила интереса к осуществляемой деятельности.

Цель и интересы может иметь только человек. Именно они являются основой распознавания зарождения кризисов и управления их преодолением. Это положение является основополагающим в концепции антикризисного управления, но в то же время продолжает оставаться проблемой нерешенной. Поэтому для всех, больших и малых, транспортных организаций, управление людьми имеет первостепенное значение.

Интерес, как один из важнейших факторов формирования человеческого поведения, представлен в современных научных теориях как осознанная форма направленности внимания на какой-либо объект, или явление в совокупности со стремлением к его пониманию. Интерес также рассматривается как мотивированное состояние, которое ориентирует поведение человека на достижение каких-либо целей. Практически вся деятельность человека построена на удовлетворении его интересов, которые меняются неравномерно и непропорционально. В процессе исследования человеческого поведения необходимо обратить внимание не только на сам процесс проявления интереса, но и на динамику дуальной пары («интерес – безразличие»).

Если человек, исследуя предмет или идею, испытывает к ним «интерес» – идея вырастет и расцветет подкрепляемая желанием ее окончательной реализации. Если в тех же обстоятельствах возникает «безразличие» – появляется решение воздержаться от конкретных действий. На этом уровне не важно, хорошими или плохими являются предметы и явления, становящиеся объектом человеческого внимания. Судьба дальнейшего отношения к ним зависит исключительно от того, какое из чувств «интерес» или «безразличие» определит принятие решения. Раскрытие механизма формирования чувств «интереса» или «безразличия» является основой понимания общей динамики человеческого поведения в ординарных и экстремальных ситуациях.

Интересы индивидуума находятся в постоянном противоречии, в большей степени это относится к коллективам специалистов, социальным группам, или общественным классам. Абсолютное управление динамикой и взаимодействием интересов человека невозможно, т.к. они напрямую связаны с волей для их реализации. Поэтому второй важнейший фактор в поведении транспортных специалистов, который до сих пор не учитывается полностью – человеческая воля.

Воля – есть способность человека к выбору собственных действий, направленных на достижение сознательно поставленных им перед собой целей. С другой стороны, человеческую волю можно рассматривать как некую духовную энергию, ведущую к достижению целей и управляемую человеческим сознанием. Воля является приоритетом и функцией только человеческого сознания, по своему существу она – «свободная» и поэтому всегда влияет на принятие решений независимо от текущих обстоятельств.

Волевые качества личности в психологии – сплав врожденного и приобретенного. В них сочетаются нравственные компоненты (результат воспитания) и компоненты генетические (типологические особенности нервной системы). Выделяют две функции воли: побудительную и тормозящую. Учитывают следующие стадии волевого процесса принятия решения: возникновение побуждения, осознание и постановка цели, анализ и борьба мотивов, выработка решения, выполнение решения.

Кроме интереса и воли есть и третий, самый важный из всех факторов формирования человеческого поведения – *нравственность*. Нравственное развитие есть процесс, посредством которого у человека происходит внутреннее принятие (или не принятие) норм добра и зла, свойственных определенному обществу. Общественные нравственные системы социально – исторически обусловлены, а их конкретный облик в ту или иную эпоху определяется многими факторами: типом материального производства, характером социального расслоения, состоянием государственно – правового регулирования, условиями общения, средства-

ми коммуникации и т. п., но в подобном виде они непригодны для объективной оценки человеческого поведения. Эти общественные нравственные системы обычно проповедуют чрезмерную дисциплину или радикальный аскетизм и навязывают множество поведенческих ограничений. Однако характер человеческой природы недвусмысленно показывает, что она не зависит от подобных этических канонов. Любое подавление человеческой природы вызывает открытое сопротивление. Подобные нравственные системы действуют лишь на мысленно-чувственном уровне и не касаются областей человеческого подсознания. Поэтому подчинение человеческого существа какому-то моральному радикализму не может привести к заметному успеху. Исследования человеческой психики и поведения показывают, что человеку нужна другая дисциплина – дисциплина духовная, всеобъемлющая. Подобная дисциплина не может быть основана на слепом соответствии существующим социальным, корпоративным и даже религиозным нормам и правилам, а только на свободном представлении человека о добре и зле, в сочетании с глубоким пониманием этического смысла окружающего. Поиск корней известных человечеству нравственных ценностей недвусмысленно ведет к этическому осмыслению существующих принципов и законов устройства Вселенной и отражается в отношении к людям.

Основные причины критического положения современных транспортных структур не связаны с их технологическим, организационным или управленческим состоянием [6, 7]. В основе лежат сугубо меркантильные интересы компаний и индивидуумов, которые вместе с наблюдающейся девальвацией основных понятий, связанных с ценностной ориентацией людей, делает выход из кризиса невозможным. Ключевая роль триады фундаментальных поведенческих факторов – «нравственность – интерес – воля» хорошо подтверждается потоком аварий на транспорте (катастрофы судов в море, убийства на автодорогах, теракты с массовыми жертвами в авиации, аварии на железных дорогах и др.). Триада факторов лежит в основе человеческого поведения и отличается значительным постоянством, поэтому быстрое и эффективное воздействие на них является практически невозможным. Триаду необходимо рассматривать в единстве и взаимосвязи, не забывая ведущую роль нравственности. Если нет интереса – человек не направляет свою волю на решение существующих проблем; если нет воли – возникший интерес нельзя реализовать, а если отсутствует нравственность – интерес и воля ведут к небезопасным и неэффективным действиям. Поэтому, внедрением новых технологий, развитием инновационных направлений, применением административных мер, или принятием решений в интересах владельца, проблему безопасности на транспорте решить невозможно. Незнание логики человеческого поведения в ординарных и экстремальных условиях не может компенсироваться разработкой новых кодексов, инструкций и указаний для действий, далеких от реальной мотивации специалистов. Для оптимизации безопасности и повышения эффективности профессиональной деятельности на транспорте, кроме обеспечения качественного профессионального и психофизиологического обучения, необходимо изменить учебно-воспитательный процесс в направлении развития этико-волевого становления, как преподавателей, так и обучающихся. В этом случае повышение роли человеческого фактора в антикризисном развитии транспортной системы будет означать не исключение кризиса, не борьбу с ним, а своевременное предвидение и его эффективное предотвращение.

Список литературы

1. Маринов М.Л. Ситуационное моделирование безопасности человеческого поведения с использованием функционально-психологической модели // Морской вестник. 2009. № 4. С. 75–78.
2. Маринов М.Л., Скороходов Д.А., Маринов М.Л., Скороходов Д.А. Функционально – психодинамический подход к оптимизации влияния человеческого фактора на безопасность транспортной деятельности // Транспорт: наука, техника, управление. 2009. № 7. С. 18–22.

3. Маринов М.Л. Концепция подготовки специалистов по освоению шельфа // Морские интеллектуальные технологии. 2012. № 1 (спецвыпуск). С. 85–88.
4. НИОКР. Разработка методов и средств управления безопасностью транспортной компании // ИПТ РАН, (2009-2011 гг.), С. 115–127.
5. НИОКР. Разработка информационного обеспечения учета влияния человеческого фактора на безопасность транспортной деятельности // ИПТ РАН, (2012-2014 гг.), С. 236–248.
6. Маринов М.Л. Малыгина Е. А. Роль человеческого фактора в проблеме транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 2 (26). С. 19–26
7. Скороходов Д.А., Кукуи Ф.Д. Методика оптимизации процесса управления деятельностью системы управления безопасностью судоходной компании // Морские интеллектуальные технологии. 2012. № 1 (15). С. 40–44.
8. Шаталова Н.В. Государственное регулирование развития системы магистральных автомобильных дорог: экологический аспект // Правовые проблемы охраны окружающей среды. 2008. С. 143–148.
9. 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.
10. Скороходов Д.А. Стариченков А.Л. Основы построения комплексной системы управления безопасностью транспортной компании // Морские интеллектуальные технологии. 2010. № 3. С. 79–81.
11. Федоров В.П., Шаталова Н.В. Стратегия долгосрочного развития магистральных автомобильных дорог // Транспорт Российской Федерации. 2009. № 2. С. 20–23.

РЕАГИРОВАНИЕ СЕКТОРА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ ПРОИСШЕСТВИИ

*Гламочлија Боян – сoдиректор Рoссийско-Сербскогo гуманитарногo центра
18000, Республика Сербия, г. Ниш, улица Воздухопловаца, д. 1, center@ihc.rs*

REACTION OF THE SECTOR ON EMERGENCY SITUATIONS WHEN HOLDING RESCUE OPERATIONS IN ROAD AND TRANSPORT INCIDENT

*Glamoclija Bojan – Co-Director
Russian-Serbian Humanitarian Center
Vazduhoplovaca 1, Nish, 18000, Republic of Serbia, center@ihc.rs*

Повышение уровня безопасности на дорогах, в последнее время, стало приоритетным направлением для предотвращения ДТП. Благодаря внедрению ряда технических мер, нацеленных на защиту всех участников дорожного движения, безопасность дорожного движения улучшается. Учитывая, что решение проблем дорожного движения становится глобальной тенденцией, особое внимание уделяется вопросу безопасности дорожного движения на государственных дорогах Республики Сербии.

Наиболее достоверные статистические данные о ситуации, связанной с безопасностью дорожного движения в Республики Сербии определяются Агентством по безопасности до-

рожного движения в Республики Сербии, которое осуществляет различные проекты с установлением дифференцированных показателей. В 2017 году проведен анализ, и в качестве отправной точки взяты данные, полученные Всемирной организацией здравоохранения, где сообщается, что в год при дорожно-транспортных происшествиях погибает примерно 1,3 миллиона человек, а 30-50 миллионов признаются пострадавшими. Дорожно-транспортные происшествия являются основной причиной смерти молодых людей в возрасте от 15 до 19 лет. Более 90% смертельных случаев в результате ДТП происходят в странах с низким и средним уровнем дохода, хотя число транспортных средств в этих странах составляет менее половины от общего числа транспортных средств в мире, согласно исследованию мнений о безопасности дорожного движения в Республике Сербии в 2017 году.

Поскольку проведение спасательных операций при ДТП достаточно сложно, необходимо рассмотреть роль Сектора по ЧС в МВД, а также и тот факт, что полиция и пожарно-спасательные подразделения состоят в одном Министерстве, что способствует более легкой коммуникации и координации при ДТП (рис. 1). Организационная структура МВД создана таким образом, что в ней сформирован Сектор по чрезвычайным ситуациям Сербии, в состав которого входят Управление профилактической защиты, Управление пожарно-спасательных подразделений, Управление гражданской защиты и Управление рисками, а также существует 27 организационных подразделений на территории Республики Сербии. Процесс взаимодействия очень прост, и в течение очень короткого периода времени можно задействовать большое количество людей, транспортных средств и оборудования.



Рисунок 1 – Структура подчинения служб по ликвидации ДТП в Респулики Сербии

Процедура начинается с получения сообщения о происшествии, где необходимо проведение спасательных операций в дорожном движении (рис. 2). Каждая из реагирующих служб, имеет свой номер телефона, на который можно сообщить о происшествии. Любая из трех служб, полиция, пожарные или скорая помощь, которая получает информацию, направляет ее другим службам. К сожалению, возникают определенные проблемы, связанные со скоростью передачи, а также отсутствием определенной информации, необходимой для правильного реагирования. Некоторые данные не имеют значения для службы, которая получила данное сообщение, но очень полезные для других служб и поможет правильно среагировать на происшествие.

Также большая проблема заключается в том, что скорая помощь в другом министерстве, независимо от полиции и пожарно-спасательного подразделения, что приводит к проблемам в коммуникации и соблюдении процедур и протоколов.



Рисунок 2 – Процедура сообщения о происшествии

Поэтому во многих случаях некоторая из служб не выезжает на место происшествия в начале проведения спасательной операции, потому что они расположены в разных местах, имеют разные типы транспортных средств и разное время получения сообщения о происшествии, а также и время выезда. Проблемой является и отсутствие оценки опасности, которое не связано с областью их профессии. Поэтому до прибытия всех трех команд, можем считать, что уровень безопасности на более низком уровне, чем он должен быть.

Очень часто бывает, что первичная пожарная команда, пытается на силу вытаскивать пострадавшего из машины по принципу «как можно скорее вытаскивать пострадавшего из машины», не зная, что существует вероятность нанесения дополнительных травм, хотя условия на месте происшествия не требуют такой срочности.

У первичной пожарной команды, которая приезжает на место происшествия, есть свой порядок действий, относительно действий полиции и службы скорой помощи, которая напрямую связана с алгоритмом действий. В тех случаях, когда все три команды на месте происшествия, установлена процедура безопасного размещения транспортного средства в безопасном положении относительно места происшествия и порядка действий пожарных. Выявление и устранение опасностей, первичных и вторичных, а затем оценка общей обстановки на месте происшествия, связана с количеством пострадавших, количеством транспортных средств, типом транспортного средства и расположением транспортного средства. В этом случае проводится определение приоритетов спасения, связанных с серьезностью полученных травм и угрозы для жизни. Очень важно знать конкретные задачи всех служб, и поэтому коммуникация осуществляется исключительно через руководителя спасательной операции, как ответственного лица и руководителя других служб, привлекаемых на место происшествия. Она осуществляется применением вербальной коммуникации и с помощью радиостанции, что напрямую связано с координацией действий всех трех служб на месте происшествия.

Определение конкретных задач очень важно для того, чтобы нести ответственность в своей области и не выполнять задач другой службы. Действия могут быть зависимы от других служб, но строго контролируются руководителем, который определяет порядок действий и принимает определенные меры при проведении спасательных операций.

Основными задачами полиции являются остановка и регулирование дорожного движения, и обеспечение не проникновения на место аварии от посторонних, а также лиц, которые являются непосредственными участниками ДТП. Полиция привлекается к работе, когда требуется эвакуация большого количества людей, что превышает возможности реагирования скорой помощи и пожарной службы.

Скорая помощь определяет приоритеты спасения и оказания медицинской помощи, что напрямую влияет на синхронизированные действия пожарно-спасательного подразделения, которая связана со способами и методами спасения людей. Служба скорой помощи

управляет всеми другими командами, участвующими в извлечении пострадавших из транспортных средств: контроль за размещением пострадавшего на твердые носилки, придерживание частей тела пострадавшего и выносом пострадавшего из транспортного средства.

В случае большого количества пострадавших и поврежденных транспортных средств (цепные столкновения), приняты методы маркировки поврежденных транспортных средств и сортировка пострадавших и извлечения их из транспортного средства (рис. 3). Основное правило – по прибытии пожарные команды определяют наличие опасности для команды скорой помощи и отмечают в списке, маркируют ликвидированные опасности: утечка топлива, электричество в автомобиле, подушки безопасности не активированы, и нестабильное транспортное средство, которое может двигаться. Это действие напрямую связано с осмотром врача или квалифицированного лица для определения травмы, поэтому необходимо обеспечивать безопасность и врачей тоже.

Координация является одной из наиболее важных элементов при проведении спасательных операций. Это означает, что для обеспечения более быстрого и эффективного реагирования требуется командная работа и помощь других команд, потому что в самом начале проведения спасательной операции силы пожарно-спасательных подразделений и службы скорой помощи ограничены и требуют взаимной помощи.

В Республике Сербии обучение пожарных-спасателей осуществляется в специализированном Тренинг центре по проведению спасательных операций в ДТП. В целях повышения стандартов и возможности повышения квалификации, проведен подробный анализ существующих ресурсов, а также и новых технических решений в автомобильной промышленности и материалах, что привело к внедрению стандартов в работе при закупке спасательного оборудования. Внедрение процедуры, связанной с порядком действий при проведении спасательной операции, которая также связана с действиями других служб. Через рассмотрение всех географических компонент Сербии, проанализирована возможность спасения из труднодоступных мест и в экстремальных условиях (транспортное средство в ущелье, транспортное средство в реке и транспортное средство в горах), что привело к внедрению подготовки – основы альпинизма с целью адекватного реагирования в таких ситуациях.

Медицинская сортировка пострадавших

	CRVENA		ŽUTA		ZELENA		ŽUTA		CRVENA
DISANJE		8		10		20		30	
PULS		50		60		100		120	
PERFUZIJA		2(5)						2(5)	
SVEST	P.U		V		A		V		P.U

Маркировка транспортных средств (номер т/с и опасности на т/с)



Рисунок 3 – Сортировка и маркировка, в случае большого количества пострадавших или поврежденных транспортных средств

Основная цель – внедрение единственного алгоритма для всех служб, участвующих в спасательных операциях при ДТП, а также унификация с законодательством. Необходим

единый Центр подготовки для всех участников в спасательных операциях при ДТП, с целью разработки процедур для улучшения координации и ознакомления других служб с возможностями всех участников в спасательных операциях. Согласование планов реагирования служб скорой помощи с алгоритмом и разработкой всех возможных сценариев с большим числом пострадавших, а также их госпитализацией. Для того чтобы избежать проблемы, связанные с независимыми номерами различных служб, участвующих в спасательных операциях, существует необходимость введения единственной системы 112, которая будет унифицировать и централизовать сообщения и обработку данных, относящихся ко всем службам, для одновременного оповещения всех участников в случае ДТП.

Существуют основные правила, которые присущи всем спасательным операциям при ДТП и которые должны соблюдаться. Порядок определенных действий всегда одинаковый, но способы его выполнения могут различаться [1].

Можно сделать вывод, что все чаще сталкиваемся с данной проблемой, из-за увеличения количества транспортных средств, их различных характеристик и постоянной модернизации. Чтобы адекватно реагировать, необходимо следить за всеми тенденциями в промышленной модернизации и в соответствии с этим быть готовыми к каждому случаю, совместными действиями всех служб и более тесному сотрудничеству между ними.

Список литературы

1. Племић Влада, Николич Горан. Спасательные операции в ДТП, подготовка к ликвидации опасностей и способов спасения. МВД Республики Сербии, Сектор по ЧС, Управление пожарно-спасательных подразделений, г. Београд.

УДК 656.02

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Доброборский Борис Самуилович – доктор технических наук, профессор, доцент кафедры наземных транспортно-технологических машин

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, 5542797@rambler.ru

Захматов Владимир Дмитриевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела планирования, организации и координации научных исследований Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, zet.pulse@gmail.com

Аннотация. Рассмотрена роль человеческого фактора в транспортной безопасности. Проведены исследования позволяющие установить природу и основные законы фенотипической адаптации, в результате которой человек теряет чувство опасности.

Ключевые слова: транспортное средство, авария, дорожное движение, техника безопасности, человеческий фактор.

QUANTITATIVE ESTIMATION OF THE HUMAN FACTOR UNDER OPERATION OF VEHICLES

Dobroborsky Boris S. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor at the Depart-

ment of Land Transport and Technological Machines

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

2-nd Krasnoarmeiskaja street, 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, 5542797@rambler.ru

Zakhmatov Vladimir D. – Ph.D., Senior Researcher, Department of Planning, Organization and Coordination of Research, Center for Organization of Research and Editorial Activity

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, zet.pulse@gmail.com

Abstract. The role of the human factor in transport security is considered. Studies have been conducted to establish the nature and basic laws of phenotypic adaptation, as a result of which a person loses a sense of danger.

Keywords: vehicle, accident, traffic, safety, human factor.

Человеку свойственно ошибаться. Учитывая это свойство, для защиты от аварий и катастроф и уменьшения их последствий к настоящему времени в России и других странах разработан целый ряд мер.

К ним относятся:

- автоматизация производственных процессов;
- квалификационная подготовка персонала;
- санитарно- гигиеническое нормирование вредных факторов, воздействующих на человека в процессе труда;
- разработка и применение соответствующих эргономических и экологических стандартов;
- разработка правил техники безопасности и других мер [1, 2].

Однако, как показывает статистика, уровень несчастных случаев на производстве, а особенно в транспортной сфере, чрезвычайно высок.

В Российской Федерации каждый год погибает в ДТП до 30 000 человек.

Эта ситуация в основном связана с тем, что в большинстве случаев при решении вопросов безопасности и влияния человеческого фактора широко используется теория рисков, основанная на математической теории вероятности и не отвечающей на вопросы конкретных причин наступления тех или иных событий, связанных с проявлением человеческого фактора. Это, в свою очередь, не позволяет определить необходимые эффективные меры для уменьшения влияния этого фактора [3, 4].

В качестве примера можно привести автомобильную дорогу Санкт-Петербург – Москва. Для повышения ее безопасности улучшено качество дорожного покрытия, улучшено качество разметки, построены вертолетные площадки для оперативной эвакуации пострадавших в результате ДТП и ряд других мер, что, безусловно, в определенной степени улучшило дорожную обстановку. Однако основные проблемы этой дороги остались. К ним относятся отсутствие оперативного контроля состояния дорожного покрытия и условий дорожного движения и принятия, необходимых мер для ее нормализации со стороны ГИБДД, неграмотная организация дорожного движения в Новгородской области, где каждые несколько километров заложено периодическое чередование однополосного и двухполосного движения, что провоцирует водителей к неоправданному маневрированию и провоцированию ДТП.

Таким образом, одной из актуальных задач решения проблемы ДТП из-за человеческого фактора является количественный учет биологической природы водителей и ее влияние на вероятность ДТП.

Выполненные нами исследования в области количественной оценки человеческого фактора были основаны на двух новых научных положениях в области теоретической физики и теоретической биологии.

Первое научное положение заключается в том, что в отличие от классической термодинамики, рассматривающей закономерность передачи тепловой энергии между различными термодинамическими системами и внутри них, в результате которых они переходят к термодинамическому равновесию, существуют термодинамические системы, стремящиеся к неравновесному состоянию. Эти процессы обусловлены тем, что если в первых происходит перераспределение энергии, во вторых происходит преобразование одних видов энергии в другие.

В частности, все двигатели (электрические, химические, тепловые и другие), а так же живые организмы, всегда стремятся к неравновесному устойчивому термодинамическому состоянию.

На основании этого научного положения был сформулирован 2-й закон термодинамики биологических систем, в соответствии с которым устойчивость их неравновесного термодинамического состояния обеспечивается путем чередования циклов потребления и выделения энергии, в основном аденозинтрифосфат.

Поскольку принцип функционирования живых организмов основан на биохимических реакциях, закономерность протекания этих реакций подчиняется закону действующих масс:

$$\frac{dC}{dt} = kC_1C_2, \quad (1)$$

где C – концентрация нового вещества, C_1 , C_2 – концентрации веществ, участвующих в реакции, k – корректирующий коэффициент.

На основании полученных закономерностей были проведены исследования процессов реакций организма человека на различные нагрузки, в результате чего был разработан и запатентован способ количественной оценки воздействия на организм человека различных нагрузок.

Сущность разработанного способа заключается в том, что в качестве количественного критерия воздействия любой нагрузки на организм человека используется время восстановления функциональных сдвигов, вызванных этими нагрузками. На рисунке 1 показаны графики зависимости времени восстановления функциональных сдвигов от их величины.

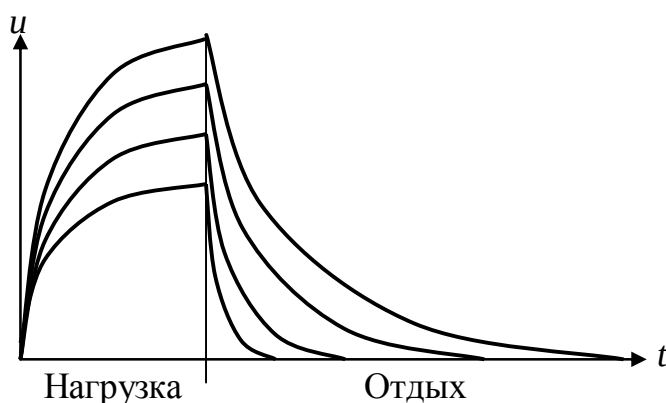


Рисунок 1 – Зависимость времени восстановления функциональных сдвигов от нагрузки

Как видно из рисунка 1, время восстановления функциональных сдвигов (время отдыха) зависит от исходной величины сдвигов, которые непосредственно характеризуют вероятность ошибочных решений или действий – проявлений человеческого фактора.

Проведенными исследованиями так же установлена природа и основные законы фенотипической адаптации, в результате которой человек теряет чувство опасности, что часто приводит к чрезвычайным ситуациям.

Применение критерия времени обеспечивает соизмеримость любых физиологических

параметров и любых видов нагрузки, как физиологических, так и психологических, а так же измерение фенотипической адаптации.

Для определения времени восстановления функциональных сдвигов разработана специальная компьютерная программа «Loqus2003.1».

Эта методика была использована при разработке рабочих мест авиадиспетчеров, вибробезопасных строительных машин, предложений по улучшению организации дорожного движения и др.

По результатам проведенных исследований установлено, что эффективное повышение безопасности дорожного движения может быть достигнуто путем уменьшения степеней свободы водителей для маневров на дороге, оптимизации организации дорожного движения, увеличением зон отдыха на междугородных трассах, оперативным контролем и управлением состоянием дорожной обстановки силами ГИБДД либо уполномоченными организациями и управлением дорожного движения.

Список литературы

1. Харченко И.А., Климась Р.В., Скоробагатко Т.Н., Якименко Е.Ф. Токсичность продуктов горения – основная причина гибели людей вследствие пожаров // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2006. № 4(6). С. 41–45.

2. Хоанг Т.Д., Корольченко А.Я. Выбор системы оповещения и управления эвакуацией при пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т.22. № 1. С. 69–75.

3. Zakhmatov V.D., Silnikov M.V., Chernyshov M.V. Overview of Impulse Fire-Extinguishing System Applications // Journal of Industrial Pollution Control. 2016. Vol. 32. № 2. P. 490–499.

4. Zakhmatov V.D. Torud, pommid ja labidad – plahvatuslik tuletojetehnoloogia // Inseneeria, Tallinn, Estonia. 2014. № 2. P. 14–20.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ МОНИТОРИНГА ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА НА НАСЕЛЕНИЕ

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

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 149

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., д. 13, olojkina@yandex.ru

Ложкин Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, vnlojkin@yandex.ru

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных измерений уровня шума вблизи ряда высоко загруженных автодорог Санкт-Петербурга и результаты прогнозирования негативного воздействия шума на самочувствие населения.

Установлено, что вблизи всех магистралей с интенсивностью движения более 3500-4000 автомобилей в час в дневное время и более 1500 автомобилей в час в ночное время уровень шума превышает рекомендуемые нормативные значения.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, шумовое загрязнение, безопасность населения, большие города.

INVESTIGATING NOISE POLLUTION OF URBAN ENVIRONMENT IN THE MONITORING PROCESS OF THE DANGEROUS IMPACT OF TRANSPORT ON POPULATION

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

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

Moskovsky, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, olojkina@yandex.ru

Leading Researcher of the Laboratory of environmental problems of transport systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, shatillen@mail.ru

Lozhkin Vladimir Nikolaevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Fire, Rescue Equipment and Motor Transport, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation

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

Moskovsky, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, vnlojkin@yandex.ru

Abstract. The paper describes the results of a survey of noise level near some streets with intensive traffic in St. Petersburg and the results predicting negative impact of noise on the health of the population.

It has been found that the noise level exceeded the recommended standard values near all roads with a traffic of more than 3,500-4,000 vehicle an hour at day time and more than 1,500 vehicle an hour at night time.

Keywords: motor transport, noise pollution, safety of the population, big cities.

Транспортная отрасль, выполняя свою главную задачу – предоставление транспортных услуг обществу, тесно взаимосвязана с проблемой обеспечения устойчивого развития государства в условиях современных социально-экономических и экологических угроз [1–4].

Мощный рост численности парка автотранспортных средств и общего числа перевозок в течение последних 25 лет привел к высокому загрязнению воздушной среды и высокому уровню шума в городах Российской Федерации [2, 3, 5–7]. Загрязнение атмосферного воздуха и шум являются основными факторами, оказывающими вредное воздействие на здоровье населения любого мегаполиса. Практически все жители мегаполисов периодически подвергаются этим опасным воздействиям, вызывающим не только дискомфорт, но и способным привести к серьезным заболеваниям органов дыхания, системы кровообращения, иммунной системы (аллергии), психическим и нервным расстройствам [5–7].

Более трети жителей крупных городов проживают в условиях хронического акустического загрязнения [5–7]. При таких обстоятельствах у городского населения может развиваться «шумовая болезнь», признаками которой являются головные боли, шум в ушах, повышенная усталость, раздражительность [6, 7].

Исследование уровня шумового загрязнения является неотъемлемой частью комплексного мониторинга и прогнозирования опасного воздействия транспорта на население и среду обитания.

Объекты и методы исследования. Измерения уровня шумового воздействия на территориях жилой застройки (т.е. на селитебных территориях), расположенных вблизи высоко загруженных автодорог (КАД Санкт-Петербурга (Запорожской ул.), Кубинской ул., Бухарестской ул., пр. Славы, Московского пр., ул. Маршала Казакова), проводили согласно ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий» и ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» с использованием отечественного шумомера 1-ого класса точности ОК-ТАВА-101АМ («Октава-Электрондизайн», РФ). Измерения уровня шума проводили на высоте 4.0 ± 0.5 м, ориентируя микрофон в направлении источника шума – автомагистрали в режиме непрерывных десятиминутных измерений. После каждого цикла измерений осуществлялась калибровка прибора согласно инструкции предприятия-изготовителя. Экспериментальные измерения проводили в дневное время (с 7.00 до 23.00 ч) и ночное (с 23.00 до 7.00 ч).

Результаты и обсуждение. Исследование акустического загрязнения городской среды допускается проводить в соответствии с ГОСТом 20444-85 [8] и ГОСТом Р 53187-2008 [9]. Оценка шумового загрязнения на государственном уровне может быть организована различными способами. Или методом «снизу-вверх», опираясь на использовании расчетных методов или непосредственных измерений на местности в масштабах населенного пункта или методом «сверху вниз». В последнем случае оценки основываются на предположениях о шумовом загрязнении, соответствующем определенному количеству домовладений, городов и населенных пунктов или суммарному годовому пробегу автомобилей и тому подобное.

Информационная база данных при исследовании загрязнения городской среды транспортным шумом в РФ определяется как непосредственным измерением, так и расчетом шумовых характеристик транспортных потоков в соответствии с ГОСТ 20444-85. При этом, одновременно с измерением шума от транспортного потока, определяется его состав и интенсивность движения.

Результаты измерения шумовых характеристик транспортного потока и данные по его составу, интенсивности и скорости движения представляются в форме протоколов. Одновременно с заполнением указанных форм ГОСТом 20444-85 предусмотрена подготовка следующих документов: схематического ситуационного плана участка (улицы или дороги), поперечного разреза участка (улицы или дороги), продольного уклона проезжей части улицы или дороги, типа и состояния покрытия проезжей части улицы или дороги; типа верхнего строения железнодорожного или трамвайного пути.

Расчеты уровня звука в застройке могут выполняться на основе следующих данных:

- проекта вертикальной планировки территории жилого района или микрорайона с привязкой существующих (опорных) и проектируемых зданий и с указанием их этажности и назначения;

- вертикальной планировки и поперечного профиля улиц и дорог с указанием продольных уклонов и типа дорожного покрытия проезжей части;

- характеристики движения и состава транспортных потоков (интенсивность движения в обоих направлениях, ед./ч, средневзвешенной или средней скорости движения, км/ч, доли числа грузовых и общественных транспортных средств от общего числа транспортных средств в потоке) на магистральных улицах и дорогах, а также на жилых улицах с систематическим движением транспорта с интенсивностью не менее 100 ед./ч;

- интенсивности движения потоков железнодорожных поездов, пар/ч, с выделением числа пар пассажирских, грузовых и электропоездов и указанием скорости их движения;

- розы ветров по их повторяемости и силе на данной местности.

Для оценки риска здоровью населения от воздействия автотранспортного шума в 2012 году вступили в действие Методические рекомендации «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума» (МР № 2.1.10.0059-12 от 23.05.2012).

Для оценки уровня транспортного шума, существенно способствующего снижению качества жизни городского населения, нами были проведены экспериментальные исследования по оценке акустической нагрузки на уровне фасадов жилых домов, прилегающих к крупным городским магистралям Санкт-Петербурга (табл. 1) [5].

Таблица 1 – Показатели транспортной и акустической нагрузки

Адрес	Источник шума	Дневная интенсивность движения, авт/ч	Грузовые АТС, %	Уровень шума днем, дБ(А)	Уровень шума ночью, дБ(А)
Запорожская ул., 23	АТС на КАД	11130	12	86	82
Кубинская ул., 14	АТС на Куб. ул. и ЗСД	Куб.: 3217 ЗСД: 3502	11 4	82	77
Бухарестская ул., 67, к.1	АТС, трамвай	2430	9	79	68
Пр. Славы, 16 (2005)	АТС	6590	13	81	77
Пр. Славы, 16 (2015)	АТС	3323	8	74	64
Московский пр., 197	АТС	2800	0	76	73
Пражская ул., 29	АТС	1654	5	61	57
Ул. Марш. Казакова, 5, к. 1	АТС	4430	12	77	68

Результаты замеров свидетельствуют о том, что вблизи всех обследованных магистралей уровень шума превышает рекомендуемые нормативные значения (55 дБ(А) в дневное время (с 7.00 до 23.00 ч.) и 45 дБ(А) в ночное время (с 23.00 до 7.00 ч.)).

Хотя прямое влияние шума на развитие патологических состояний доказать сложно, несомненно, он оказывает опосредованное воздействие на сердечно-сосудистую и нервную системы человека через нарушение сна, повышение раздражительности и утомляемости.

Результаты анкетирования жителей, проживающих в домах на Кубинской ул., Бухарестской ул., пр. Славы и Московском пр., свидетельствуют о том, что доля лиц, которые испытывают чувство раздраженности от ночного шума, достигает 20-25 %, а доля лиц с устойчивым нарушением сна вследствие воздействия автомобильного шума достигает 8-12 %.

Заключение

Транспортный шум в городах является одним из значимых неблагоприятных факторов среды обитания, который (наряду с химическими загрязнителями атмосферного воздуха, питьевой воды и почвы) оказывает негативное воздействие на здоровье человека. Простота измерений уровня шума позволяет проводить экспериментальный мониторинг акустического загрязнения. Выполненные исследования подтвердили факт повышенной шумовой нагрузки на население Санкт-Петербурга в условиях динамичного развития автодорожной инфраструктуры и увеличения объема автотранспортных перевозок.

Список литературы

1. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Шаталова Н.В., Асаул А.Н. Когнитивная экономика и транспорт // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы всероссийской научно-практической конференции. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2018. С. 21–29.
2. 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. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2017. С. 304–309.

3. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Бесков М.С. Оценка загрязнения воздуха опасными поллютантами, выделяющимися с отработавшими газами двигателей автомобилей и речных судов (на примере Санкт-Петербурга) // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. С. 204–208.

4. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка структурной схемы системы городского транспортно-логистического мониторинга // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. С. 211–218.

5. 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.

6. Фридман К.Б., Лим Т.Е., Шусталов С.И. К проблеме снижения акустического загрязнения в Санкт-Петербурге // Экология человека, гигиена и медицина окружающей среды на рубеже веков: состояние и перспективы развития: материалы Всероссийской науч. конф. / под ред. Акад. РАМН Ю.А. Рахманина. М.: Изд-во МГУ. 2006. С. 498–502.

7. Фридман К.Б., Лим Т.Е. К вопросу оценки риска здоровью населения от шумового воздействия объектов авиации // Авиационный экологический вестник. 2009. № 1. С. 23–26.

8. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики.

9. ГОСТ Р 53187-2008. Национальный стандарт Российской Федерации. Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий.

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

ОПАСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ «СУПЕРСМОГА» ТОРФЯНОГО ПОЖАРА И ТУМАНА НА УСЛОВИЯ И УЧАСТНИКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Ложкина Ольга Владимировна – 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., д. 149

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., д. 13, olojkina@yandex.ru

Ложкин Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, профессор, заслуженный деятель науки РФ

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149, vnlojkin@yandex.ru

Тимофеев Владимир Дмитриевич – начальник 4 курса факультета инженерно-технического

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149

Аннотация. В работе приводится описание методики прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций на участках автомагистралей, находящихся в зоне «суперсмога», образованного дымом торфяного пожара и туманом. Обсуждаются результаты апробации ранее разработанной физико-математической модели распространения продуктов горения от источника.

На примере численного исследования чрезвычайной ситуации, возникшей в декабре 2015 г. на федеральной автодороге Р-255 «Сибирь», оцениваются условия и закономерности формирования «суперсмога», опасно высоких концентраций угарного газа и взвешенных частиц, снижение дальности видимости.

Ключевые слова: дорожное движение, торфяной пожар, туман, суперсмог, безопасность в чрезвычайных ситуациях, моделирование.

DANGEROUS EFFECT OF SUPERSMOG FROM PEAT FIRE AND FOG ON ROAD TRAFFIC

Lozhkina Olga V. – PhD in Chemistry, Professor of Chemistry Department
St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, olojkina@yandex.ru
Leading Researcher of Laboratory of environmental problems of transport systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
12-th Line VO, 13, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, shatillen@mail.ru
Lozhkin Vladimir Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of Professor, Honored Scientist of the Russian Federation
St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, vnlojkin@yandex.ru
Timofeev Vladimir D. – Head of the 4th course of the Faculty of Engineering
St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, olojkina@yandex.ru

Abstract. The paper describes a methodical approach for forecasting emergencies on highways in the area of “super-smog” formed by the smoke of the peat fire and fog. There are discussed the results of testing of the previously developed physical and mathematical model of dispersion of combustion products from a peat fire.

Considering numerical research of a real emergency occurred in December 2015 on the Federal highway R-255 Siberia, we have estimated the conditions favoring formation of “super-smog”, dangerously high concentrations of carbon monoxide and suspended particles in the air and reduced visibility.

Keywords: road traffic, peat fire, supersmog, fog, safety in emergency situations, modeling.

Анализ и оценка состояния безопасности транспортных систем в сложных социально-природно-техногенных условиях показывают, что в силу целого ряда социально-экономических, технологических, экологических и информационных факторов угрозы чрезвычайного характера в них могут стать одними из доминирующих [1–3]. Обеспечение безопасности функционирования автомобильного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), вызванных природными пожарами, в т.ч. торфяными, является актуальной задачей в нашей стране, особенно для регионов Сибири и Дальнего Востока [4, 5].

При развитии торфяного пожара вблизи оживленных автотрасс, существует высокий риск опасного воздействия продуктов горения и дыма на условия и участников дорожного движения, проявляющегося, в первую очередь, в ухудшении видимости и ухудшении самочувствия водителей. Особенно опасны ситуации формирования в условиях температурных инверсий атмосферы так называемого «суперсмога», образованного мелкодисперсными

взвешенными частицами дыма от пожара и водными каплями тумана. Взаимное синергетическое влияние дыма и тумана приводит к образованию высококонцентрированного гетерогенного аэрозольного смога в приземном слое атмосферы. Видимость в таких условиях становится практически нулевой (менее 3 м). В США по причине этого чрезвычайного явления случились две крупнейшие автодорожные аварии с массовой гибелью и ранением людей, серьезными материальными убытками [6].

В нашей стране ЧС, обусловленная торфяным пожаром, наблюдалась в течение длительного времени в осенне-зимний период с 26.10.15 г. по 07.01.16 г. в Усольском районе Иркутской области вблизи федеральной автомагистрали «Сибирь», вызвав, в буквальном смысле, транспортный коллапс в регионе. Следует положительно отметить, что, благодаря слаженным действиям служб МЧС и ГИБДД, удалось избежать серьезных ДТП,

Задача разработки эффективного методического инструментария для прогнозирования ЧС подобного рода, очевидно, своевременна и актуальна.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта, в отношении которого выполнялось расчетно-экспериментальное исследование, рассматривалась чрезвычайная ситуация (транспортный коллапс) на трассе Р-255 «Сибирь», вызванная задымлением трассы продуктами горения торфяного пожара, длившаяся с 21.12.2015 по 07.01.2016.

Для моделирования процесса переноса продуктов горения от торфяного пожара нами был использован подход, разработанный отечественными специалистами в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, основанный на решении дифференциального уравнения турбулентной диффузии и гидродинамических аппроксимациях [7]. Для проведения расчетов и визуализации результатов было использовано программное обеспечение «Эколог 4.0», НПФ «Интеграл», Санкт-Петербург.

Для расчета снижения дальности видимости в условиях задымления и «суперсмога» использовалась формула Траберта:

$$L = \alpha^* \cdot r_e \cdot \rho / q,$$

где α^* – безразмерная эмпирическая константа, учитывающая полидисперсность аэрозолей и зависимость их концентрации от координат; q – концентрация аэрозоля в воздухе, г/м³; ρ – плотность аэрозоля г/м³; r_e – диаметр (или эффективный диаметр) аэрозолей, м.

Оценивая концентрацию водных капель (водность тумана), мы исходили из предположения, обоснованного в работе [8], что в приземном слое атмосферы в условиях сформировавшегося тумана концентрация водного аэрозоля будет оставаться постоянной в течение некоторого времени в период выхолаживания атмосферы (в период ночных инверсий температуры).

Результаты и обсуждение. Главной особенностью процесса горения торфа под землей является беспламенное горение, сопровождающееся выделением большого количества угарного газа, взвешенных частиц, продуктов неполного сгорания, паров воды, а также относительно низкая температура по сравнению с пламенным горением. Эти обстоятельства позволяют использовать подход Берлянда [7] для моделирования и распространения продуктов горения и дыма от торфяного пожара.

На рисунке 1а–1б представлены прогнозные карты распространения угарного газа СО и взвешенных частиц РМ_{2.5} от торфяного пожара, действующего неподалеку от автомагистрали (на примере автодороги Р-255 «Сибирь»), при наиболее неблагоприятных условиях развития ЧС (увеличении площади горения, увеличении скорости выброса продуктов горения, направлении ветра в сторону дороги). На изолиниях обозначены концентрации поллютантов в единицах ПДК_{мр}.

Проведенные численные исследования показали, что в условиях действующего торфяного пожара на автодороге Р-255 концентрация угарного газа может достигать значений 1.3–1.6 ПДК, взвешенных частиц РМ_{2.5} – 9.4–11.5 ПДК, взвешенных частиц РМ₁₀ – 6.3–6.8 ПДК.

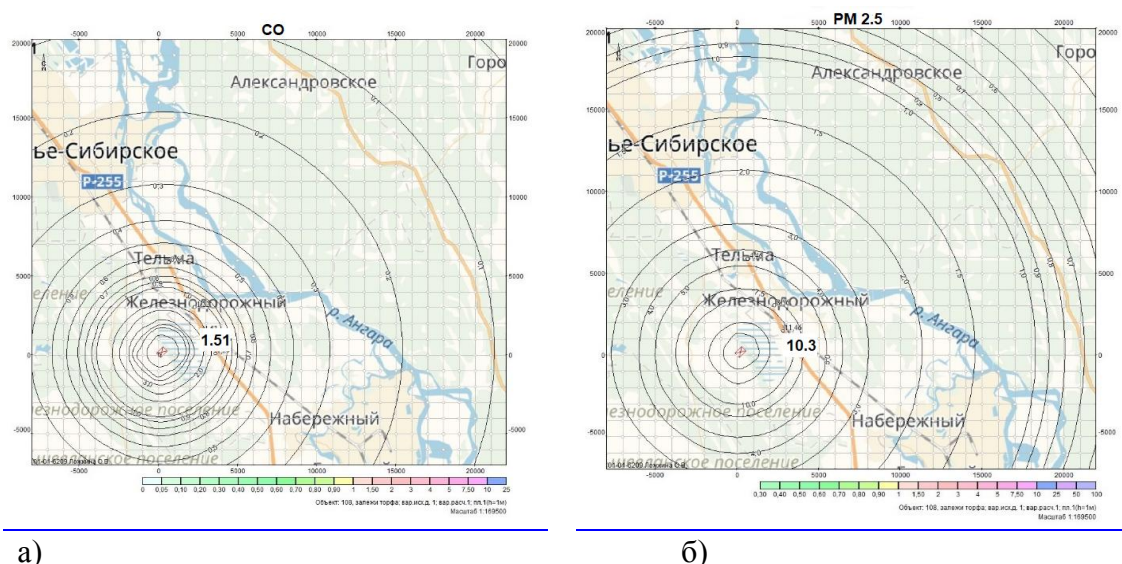


Рисунок 1 – Расчетное прогнозирование распространения угарного газа CO (а) и взвешенных частиц PM_{2.5} (б) от торфяного пожара вблизи федеральной автодороги «Сибирь»

При таком уровне загрязнения воздуха водители и пассажиры транспортных средств могут испытывать головную боль, раздражение слизистых оболочек глаз, затрудненность дыхания. Как следует из полученных результатов расчета, дальность видимости в дневное время суток, может уменьшиться из-за задымленности до 150-300 м.

В ночное время, в условиях образования плотного «суперсмога» от дыма торфяного пожара и радиационного тумана, взаимное влияние которых проявляется в концентрировании примесей (концентрации поллютантов увеличиваются в 1.5-1.9 раз по сравнению с дневным временем суток в приземном слое атмосферы) и уменьшении размеров капель воды (кристаллов льда в зимний период) до 1-2 мкм, видимость уменьшается до критически опасных значений – 2-20 м. При таких обстоятельствах резко повышается риск дорожно-транспортных происшествий.

Заключение

В данной статье описаны результаты апробации разработанной экспериментально-расчетной модели [4, 9] прогнозирования опасного воздействия продуктов горения торфяного пожара на автотранспортный процесс, в том числе в условиях «суперсмога», образованного дымом торфяного пожара и туманом в периоды ночных температурных инверсий.

Разработанная методика является эффективным инструментом прогнозирования чрезвычайных ситуаций на автодорогах, обусловленных опасным воздействием продуктов горения природных пожаров.

Список литературы

1. Малыгин И.Г., Цыганов В.В., Еналеев А.К., Лемешкова А.В. Технологический аудит в управлении большими транспортными системами // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015. 2015. С. 18–28.
2. Маринов М.Л., Соболевский А., Шаталова Н.В. Исследование влияния человека на процесс управления безопасностью транспортной системы // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. С. 175–182.
3. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Невмержицкий Н.В. Экспериментально-расчетное исследование загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами на автодорогах Санкт-Петербурга с оценкой вклада разных источников // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2015. С. 84–88.
4. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Кобелев Е.С. Натурные и численные исследования распространения угарного газа вблизи модельного локального источника горения торфа //

Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2017. С. 387–391.

5. Ложкин В.Н., Тимофеев В.Д., Ложкина О.В., Иванов А.Н. Методика прогнозирования чрезвычайно опасного загрязнения воздуха в окрестности автомагистрали торфяным пожаром // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2016. № 3 (39). С. 89–97.

6. Achtemeier G.L. Smoke modeling in support of management of forest landscapes in the Eastern United States. Proceedings of the 3rd Fire in Eastern Oak Forests Conference. 2009. P. 88–106.

7. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат. 1985. 272 с.

8. Берлянд М.Е., Канчан Я.С. К теории образования радиационных туманов и их влияния на распространение примесей // Труды ГГО им. А.И. Воейкова. 1973. № 293. С. 3–20.

9. Ложкина О.В., Тимофеев В.Д., Ложкин В.Н. Методика прогнозирования чрезвычайного воздействия продуктов горения торфяного пожара на безопасность дорожного движения. Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3. С. 79–86.

УДК 629.047

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПАТЕНТЫ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ 1994-2017 гг. В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

*Коробейникова Елена Германовна – кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, korhelen2012@gmail.com*

Аннотация. Проведен анализ 62 отечественных патентов на изобретения 1994-2017 гг. в области создания устройств и способов обеспечения пожарной безопасности объектов транспорта, что составляет 10,5 % от общего числа изобретений в области пожарной безопасности технологических процессов и производств. Патенты классифицированы по видам транспорта, по характеру устройств и способов обеспечения пожарной безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, объекты транспорта, защита грузов, изобретения, патенты, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам России (Роспатент).

DOMESTIC PATENTS FOR INVENTIONS 1994-2017 IN THE FIELD OF ENSURING THE FIRE SAFETY OF TRANSPORT FACILITIES

*Korobeynikova Elena G. – Ph.D. Chemistry Sci., Professor of Department of physical and chemical principles of combustion and fire suppression
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, korhelen2012@gmail.com*

Abstract. The research contains analysis of 62 domestic patents for inventions from 1994 to 2017 in the field of creating devices and methods for ensuring fire safety of transport facilities.

They represent 10,5 % of the total number of inventions in the sphere fire safety of technological processes and production. Patents are classified by type of transport, by the nature of devices and methods of ensuring fire safety.

Keywords: fire safety, transport facilities, cargo protection, inventions, patents, The Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks of Russia (Rospatent).

Обеспечение безопасности современной отечественной транспортной системы – важнейшей инфраструктурной отрасли экономики России, а также безопасности населения на транспорте – одна из приоритетных задач государства.

В основе решения этой задачи лежит необходимость комплексного оснащения транспортного парка современными техническими системами и средствами противопожарной защиты.

Проведенные исследования электронной базы данных патентов на изобретения Федерального института промышленной собственности (ФИПС) Роспатента показали, что в 1994-2017 гг. было выдано 592 патента на изобретения в сфере пожарной безопасности технологических процессов и производств, в том числе 62 (10,5 %) – в области обеспечения пожарной безопасности на транспорте [1].

Патенты на изобретения рутинным способом классифицировали по различным признакам:

- по видам транспорта;
- по видам устройств и способов обеспечения пожарной безопасности.

При необходимости посредством ресурса «Открытые реестры» (<http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>) открывали полный текст патента и изучали его.

Более половины всех патентов (51,6 %) вошли в раздел «Герметичные обитаемые отсеки и космические аппараты». Предложены способы обеспечения противопожарной защиты, терморегулирования, контроля газовой среды и пожаротушения подобных объектов.

По видам транспорта остальные патенты распределились следующим образом: воздушный транспорт – 31,0 %, автомобильный транспорт – 20,7 %, водный транспорт – 20,6 %, железнодорожный транспорт – 10,4 %, прочие – 17,3 %.

Анализ структуры изобретений позволили выделить основные направления разработки устройств и способов обеспечения пожарной безопасности.

Наибольшее число работ (23,4 %) посвящено способам защиты транспортных средств и грузов. Предложены конструкции противопожарной перегородки для кабины самолета [2], устройство для предотвращения взрыва (противопожарного барьера) для фюзеляжа самолета [3]. Разработаны автономные установки газового тушения закрытых железнодорожных вагонов и контейнеров [4], аварийная быстродействующая система заполнения топливных баков самолетов и вертолетов нейтральным газом [5]. В работе [6, 7] защита от огня грузов в контейнерах и на летательных аппаратах производится с помощью усовершенствованных устройств водяного тушения.

Ряд изобретений (16,6 %) относятся к аварийной технике и снижению последствий аварийных ситуаций. Так, для воздушного транспорта предложено устройство снижения экологической и пожарной опасности при аварийной посадке летательного аппарата [8]. Контейнер для транспортирования спасательного оборудования и эвакуации материальных ценностей и пострадавших людей [9] может быть использован на различных видах транспортных средств. Для объектов водного транспорта разработаны способы обеспечения плавучести судна [10], спусковое устройство спасательной шлюпки в ледовых условиях [11].

Совершенствование автомобильных заправочных станций и мобильных заправочных комплексов и повышение их пожаробезопасности – еще одно направление исследований (13,3 % всех работ). Решения, предложенные в [12], повышают надежность управления топливозаправщиком летательного аппарата на стоянке, обеспечивают пожаробезопасность

многотопливных автозаправочных станций [13], станций с автоматическим режимом работы [14].

Задачи оптимизации системы учета параметров работы технических средств объектов водного и воздушного транспорта решены в 10 % зарегистрированных патентов, как например в [15].

Значительное число работ посвящено повышению надежности и совершенствованию конструкции самих транспортных средств. В эту группу изобретений можно отнести газотурбовоз [16], крупное пассажирское судно школа-интернат [17], погрузочно-разгрузочная техника для железнодорожных перевозок с системой пожаротушения [18] и некоторые другие.

Отечественные патенты на изобретения 1994–2017 гг. отражают основные направления исследований в области обеспечения пожарной безопасности на транспорте.

Анализ изобретений позволяет прогнозировать дальнейшее развитие технологий этой отрасли.

Список литературы

1. Евдокимов В.И., Коробейникова Е.Г., Поташев Д.А. Пожарная безопасность технологических процессов и производств : аннотированный указатель отечественных патентов на изобретения (1994–2017 гг.) / Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, С.-Петерб. ун-т Гос. противопожар. службы МЧС России. СПб: Политехника сервис. 2018. 267 с.

2. Пат. 982293 Рос. Федерация. Противопожарная перегородка, преимущественно для кабины самолета / Голяшкин В.В., Рогачев А.А., Никитин Ю.Ф. [и др.]. – № 3313548/23.

3. Пат. 2400273 Рос. Федерация. Устройство для предотвращения пожара и взрыва транспортного средства / Котов А.А. – № 2009131526/12.

4. Пат. 2359722 Рос. Федерация. Способ противопожарной защиты груза внутри закрытого контейнера, вагона или фургона / Сильников Е.С., Рыченко Ю.В., Николаев А.И. [и др.]. – № 2007123134/12.

5. Пат. 307012 Рос. Федерация. Аварийная быстродействующая система заполнения топливных баков самолетов и вертолетов нейтральным газом / Литвинович Г.М., Жуковский А.И., Смирнов А.С. [и др.]. – № 1244264/23.

6. Пат. 1319457 Рос. Федерация. Противопожарное устройство на летательном аппарате / Робин Г.М. – № 3926211/23.

7. Пат. 2218957 Рос. Федерация. Установка для защиты от огня размещенного в контейнере груза / Андреев А.Д., Каралюн В.Ю. – № 2001131277/12.

8. Пат. 2089465 Рос. Федерация. Устройство для снижения пожарной экологической опасности при аварийной посадке летательного аппарата / Полетаев Б.И., Георгиевский С.С., Федотов Л.Д. [и др.]. – № 94028543/11.

9. Пат. 2301189 Рос. Федерация. Способ транспортирования противопожарного, аварийно-спасательного оборудования, пострадавших и устройство для его осуществления (варианты) / Ищенко А.Д., Черепанов М.Г. – № 2005113099/11.

10. Пат. 2519162 Рос. Федерация. Способ обеспечения плавучести судна / Саприн А.А. – № 2009137910/11.

11. Пат. 2570474 Рос. Федерация. Спусковое устройство спасательной шлюпки для ледовых условий / Карелин А.А., Таровик В.И., Кильдеев Р.И. [и др.]. – № 2014117920/11.

12. Пат. 2268203. Рос. Федерация. Топливозаправщик / Жуков А.Н., Ковалев В.А., Кравцов Д.С., Пономаренко В.В. – № 2005104098/11.

13. Пат. 2348554 Рос. Федерация. Автозаправочная многотопливная станция / Седов Р.Н. [и др.]. – № 2007117777/11.

14. Пат. 2604763 Рос. Федерация. Способ компоновки и монтажа винтовым заглубле-

нием вертикальных блоков моноблочной/мультимодальной автозаправочной станции / Краснов Н.Т. – № 2015140735 / 11.

15. Пат. 2289847 Рос. Федерация. Способ автоматизированного учета параметров работы технических средств корабля / Гончаров А.В., Можаяев А.А., Проскуряков Н.В. – № 2004137257/09.

16. Пат. 2374105 Рос. Федерация. Газотурбовоз / Болотин Н.Б. – № 2008114075/11.

17. Пат. 2442717 Рос. Федерация. Крупное пассажирское судно школа – интернат (варианты) / Петелин А.Ю. – № 2010139298/11.

18. Пат. 2585675 Рос. Федерация. Комплекс для железнодорожных перевозок с поворотной грузовой платформой / Бессарабов В.Н. – № 2013129778/11.

УДК 338.242

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОМПАНИИ

Казанская Лилия Фаатовна – доктор технических наук, профессор кафедры экономики транспорта

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9, yalifa@inbox.ru

Ризакулов Шерзод Шермурадович – аспирант кафедры экономика транспорта

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9

Аннотация. В статье предложена структурная схема автоматизированной системы управления безопасностью движения в железнодорожной национальной компании на основе анализа категорий отказов и технологических нарушений. Показаны особенности организации ее структуры, а также этапы внедрения. Отмечена необходимость содержания в автоматизированной системе управления модуля для поддержки принятия решений в области безопасности движения на основе разработанных стратегической и тактической моделей с целью повышения адресности финансирования объектов железнодорожного транспорта республики Узбекистан.

Ключевые слова: безопасность движения, автоматизированная система управления, отказы, технологические нарушения.

INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT IN THE TRAFFIC SAFETY MANAGEMENT OF THE NATIONAL RAILWAY COMPANY

Kazanskaya Liliya F. – Doctor of Engineering Sciences, professor of Department of "Economics of transport"

Rizakekylov Sherzod Sh. – postgraduate student of Department of "Economics of transport"

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University

Moskovsky pr., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, yalifa@inbox.ru

Abstract. The article proposes a structural diagram of the automated system of the traffic safety management in the national railway company based on the analysis of categories of failures

and technological disturbances. The organization characteristics of the diagram's structure as well as the implementation stages are shown. The article emphasizes the need for the automated management system to have a module that supports taking decisions on traffic safety based on the developed strategic and tactical models in order to improve targeting of funding of railway transport facilities of the republic of Uzbekistan.

Keywords: *traffic safety, automated management system, failures, technological disturbances.*

Результаты анализа причин нарушений безопасности движения (БД) свидетельствуют, что отказы технических средств являются непосредственными предпосылками (факторами), определяющими возникновение случаев транспортных происшествий и событий. Каждый отказ случается либо из-за нарушений правил производства работ, либо из-за нарушений технологии обслуживания устройств одним или несколькими непосредственными исполнителями, а также отсутствие должного контроля со стороны уполномоченных лиц [1].

В настоящее время процесс подготовки, сбора, передачи и хранения информации о состоянии безопасности движения частично автоматизирован, главным образом, на уровне Центрального аппарата железнодорожной компании Узбекистана (АО «УТЙ»). Процесс автоматизации сбора и передачи информации практически не затронул низовые подразделения железнодорожного транспорта: депо, станции, пункты технического обслуживания [2].

Решение этих вопросов в целом должно способствовать повышению уровня безопасности движения при высоком уровне износа основных производственных фондов, которое создаст предпосылки к усилению контрольных функций со стороны ревизорского аппарата. Поэтому совершенствование информационного обеспечения по пути применения новых, в том числе и цифровых технологий сбора и обработки информации на базе компьютерных систем, является актуальной на сегодняшний день задачей [3].

Для обеспечения своевременного выявления отказов и ошибок, их воздействия на безопасность движения необходимо проводить постоянный мониторинг состояния безопасности движения [4]. В целом, имея сведения по отказам и ошибкам, а также статистические данные по эксплуатации подвижного состава и технических средств, можно создать автоматическую систему управления (далее – АСУ БД), которая будет осуществлять функции прогноза возможных неисправностей, последующих опасных отказов и ошибок с выдачей рекомендаций по их предотвращению или снижению вероятности возникновения отказа.

Поскольку вероятность возникновения тяжелых происшествий (крушений, аварий) увеличивается с приростом числа малых негативных событий, АСУ БД должна охватить максимально возможное число негативных факторов [5].

На рисунке 1 представлена структурная схема автоматизированной системы управления безопасностью движения, которая состоит из трех блоков (сбор и хранение данных о состоянии безопасности движения, анализ данных и оценка состояния, система поддержки принятия решений в сфере обеспечения БД).

В блоке сбора и хранения данных собираются такие данные о состоянии безопасности движения как статистика нарушений и сведения об отказах технических средств, в соответствии с классификацией, представленной в таблице 1, а также данные о технологических нарушениях.

Учет технологических нарушений должен вестись по всем хозяйствам. На рисунке 2 показана схема организация расследования технологических нарушений поэтапно.

В структуре автоматизированной системы управления необходимо предусмотреть автоматизированные устройства для фиксации и сбора информации, ее обработки и передачи для последующего анализа и выработки оперативных или долгосрочных мер повышения безопасности движения. При этом необходимо обеспечить обнаружение и идентификацию всех видов опасных дестабилизирующих факторов, с определением доли каждого вида или вероятности их возникновения.

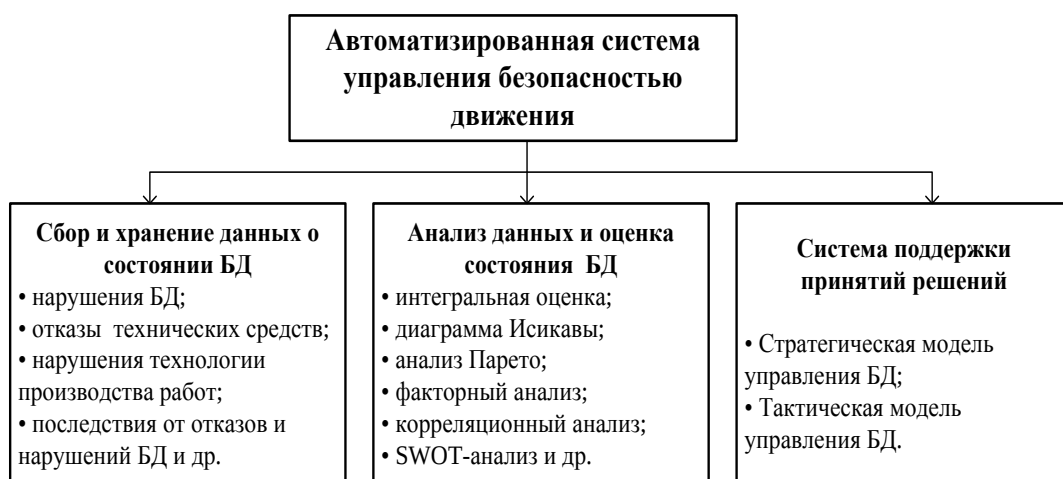


Рисунок 1– Структурная схема автоматизированной системы управления БД

Таблица 1 – Категории отказов технических средств

Категории отказов	Последствия от отказов технических средств
отказы 1-й категории	Отказы, приведшие к задержке пассажирского, пригородного или грузового поезда на перегоне (станции) на 1 час и более, либо приведшие к транспортным происшествиям или событиям, связанным с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта
отказы 2-й категории	Отказы, приведшие к задержке пассажирского, пригородного или грузового поезда на перегоне (станции) продолжительностью от 6 минут до 1 часа либо к ухудшению эксплуатационных показателей
отказы 3-й категории	Отказы, не имеющие последствий, относящихся к отказам 1-й и 2-й категории, (учет этих отказов производится первоначально в рамках автоматизированных систем управления хозяйства)

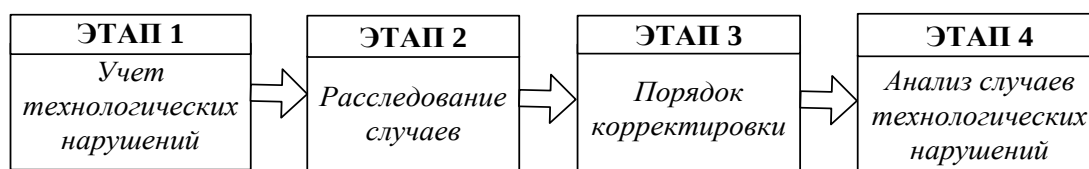


Рисунок 2 – Схема организации расследования технологических нарушений в АСУ БД

Далее следует определить наиболее эффективные методы предотвращения возникновения или развития опасных дестабилизирующих факторов, если они уже возникли. Такая система автоматизированной системы управления позволит также определять показатели безопасности движения и путем сравнения их с нормативными показателями, установить нарастающую опасность в том или ином элементе перевозочного процесса или на том или ином участке транспортной системы. Сбор, обработку и передачу необходимой информации о технических и аппаратных средствах, выполнении технологических операций на железной дороге Узбекистана будут обеспечивать аппаратно-программные комплексы на основе первичной информации, получаемой с АСУ отдельных региональных хозяйств и других источников.

Важную роль в предлагаемой автоматизированной системе играет блок хранения нормативно-справочной информации, включающей список профессий, классификацию повреждений, классификацию причин повреждений, классификацию типов вагонов, устройств автоматики и связи, предусмотренные меры наказания, соответствующие им коды, штатное расписание работающих и т.д.

Таким образом, для обеспечения передачи данных о параметрах объектов инфраструктуры и об отказах технических средств должна быть проведена работа по синхронизации внутренних классификаторов автоматизированных систем с нормативно-справочной базой данных. Методы синхронизации нормативно-справочной информации должны быть определены разработчиками систем. По возможности может быть осуществлен переход на использование единых классификаторов.

Программные модули автоматизированных систем, обеспечивающие обмен данными с АСУ БД первой очереди, должны обязательно содержать функции, обеспечивающие перевод данных из внутрисистемной классификации данных в единую классификацию АСУ БД.

Для поддержания актуальности синхронизации нормативно-справочной информации АСУ БД первой очереди и внешних систем должен быть установлен организационно-технологический порядок взаимодействия разработчиков АСУ БД и разработчиков других автоматизированных систем.

Совершенствование системы обеспечения безопасности движения в АО «УТЙ» следует проводить поэтапно (рис. 3).

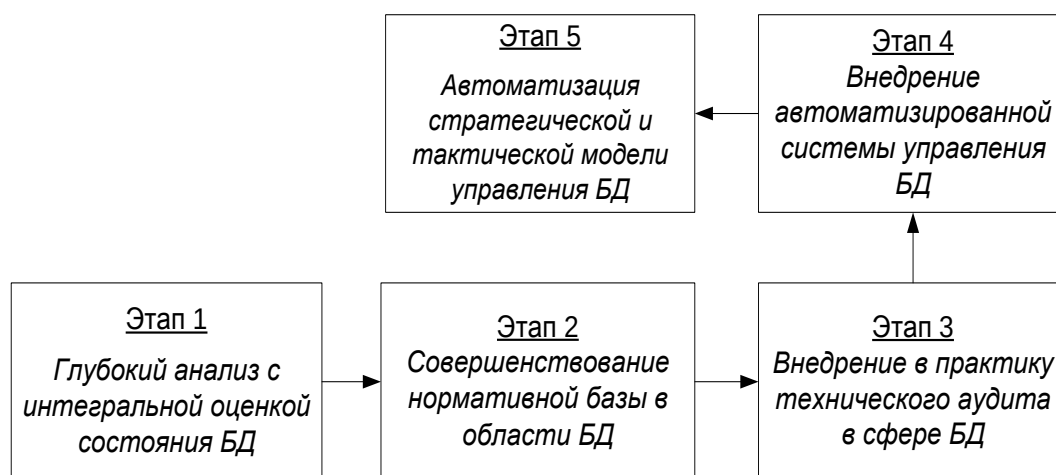


Рисунок 3 – Этапы внедрения системы обеспечения БД в АО «УТЙ»

На первом этапе требуется проведение глубокого анализа состояния безопасности движения с установлением непосредственных причин возникновения транспортных происшествий. Практика показывает, что всплески аварийности есть результат неудовлетворительной работы не только линейного персонала, но и всей системы обеспечения. Поэтому анализ необходимо проводить в тесной увязке с оценкой процессов управления и ресурсного обеспечения.

Следующим этапом необходимо привести нормативную базу в области безопасности движения в соответствие, как новой организационной структуре АО «УТЙ», так и международным требованиям [6]. Помимо этого требуется формирование необходимой нормативно-методической документации для реализации 3-его этапа внедрения: применения на практике технического аудита.

На двух последних этапах должны быть реализованы механизмы автоматизации процессов сбора, хранения и анализа информации о состоянии безопасности движения. Это позволит повысить подконтрольность над производственными и управленческими процессами. При этом, автоматизированная система должна содержать модуль поддержки принятия решений в области безопасности движения на основе разработанных стратегической и тактической моделей управления. Это позволит повысить адресность финансирования объектов железнодорожного транспорта республики Узбекистан и, в дальнейшем, привести к «единому знаменателю» состояние технических средств, обеспечив тем самым требуемый уровень безопасности движения [7].

Создание автоматизированной системы управления безопасностью движения позволит не только упорядочить процесс сбора и хранения информации, но и в перспективе даст возможность применения сложных математических методов анализа статистических данных о нарушениях, что позволит обеспечивать минимальный уровень аварийности за счет рационального и обоснованного перераспределения финансовых средств.

Список литературы

1. Красковский А. Е. Безопасность движения поездов на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / А. Е. Красковский, С.Я.Ройтман. – СПб. : Петербургский государственный университет путей сообщения, 2013. 48 с.
2. Казанская Л.Ф. Оптимизация критериев эффективного управления безопасностью движения в железнодорожной компании // Ученые записки Международного банковского института. 2017. № 21. С. 146–158.
3. Казанская Л.Ф., Ризакулов Ш.Ш. Построение системы управления безопасностью движения в железнодорожной компании с учетом экономических факторов // Бюллетень результатов научных исследований. 2017. № 4 (25). С.15–25.
4. Ефанов Д. В. Обеспечение безопасности движения за счет технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Транспорт Урала. 2011. № 3 (30). С. 44–48.
5. Тишанин А.Г. Развитие системы менеджмента безопасности // Железнодорожный транспорт. 2011. № 11. С.9–13.
6. Красковский А. Е. Развитие системы управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте в международном сообщении / А.Е. Красковский, В. Г. Рейнгарт, П. А. Плеханов // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 6 (31). С.40–43.
7. Казанская Л.Ф., Ризакулов Ш.Ш., Артимович В.М. Направления повышения экономической эффективности управления движением в железнодорожной компании // Ученые записки Международного банковского института. 2017. № 22. С.115–130.

УДК 625.1:629.4:621.01.

БЕЗОПАСНОСТЬ И РИСКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Лукомский Юрий Александрович – доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный профессор

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, loucomsqui@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., д. 13, skorhodda@mail.ru

Стариченков Алексей Леонидович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, д.5, alstar72@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена необходимость определения рисков нарушения безопасности на железнодорожном транспорте. Представлена динамическая система

управления безопасностью с двумя контурами обратной связи. Рассмотрены соотношения капитальных вложений и эксплуатационных расходов, группы риска и их роль в повышении безопасности железнодорожного транспорта. Представлена система обеспечения безопасности в основных своих функциях.

Ключевые слова: безопасность, контур, транспорт, расходы, риск, система, функции.

SAFETY AND RISKS OF RAILWAY TRANSPORT

Lukomsky Yury A. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor,
Saint-Petersburg Electrotechnical University

Prof. Popov str, 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation, loucomsqui@mail.ru

Skorokhodov Dmitriy A. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer,

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12 line, V O, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, info@iptran.ru

Starichenkov Alexey L. – Doctor of Engineering Sciences, the assistant professor, Head of Department,

Saint-Petersburg Electrotechnical University

Prof. Popov str, 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation, alstar72@yandex.ru

Abstract. The article discusses the need to determine the risks of security breaches in railway transport. A dynamic safety management system with two feedback loops is presented. The ratio of capital investments and operating costs, risk groups and their role in improving the safety of rail transport are considered. The security system in its main functions is presented.

Keywords: safety, contour, transportation, costs, risk, system, functions.

На железнодорожном транспорте за многие десятилетия сложилась система мероприятий по обеспечению безопасности движения, которая во многом отвечает весьма жестким требованиям. Несмотря на приемлемый в среднем уровень безопасности, транспортная система остается незащищенной от всплесков аварийности и несет немалые потери от нарушения безопасности (НБ). Особенно удручает то, что происходят повторы НБ в том числе и с тяжелыми последствиями по сходным причинам. Следовательно, в системе управления сложным механизмом обеспечения безопасности имеются невыясненные закономерности, знание которых позволило бы принимать более эффективные меры.

На железных дорогах США, Японии, Англии и других стран широко используют методы принятия решений, позволяющих получать максимальный эффект от капиталовложений, выделяемых на повышение безопасности движения. В основе этих методов, лежит прогнозирование рисков аварий, оценка стоимости потерь и сэкономленных жизней, а также расчет эффекта от мероприятий.

В большинстве стран [1] в качестве базового параметра принимается денежное выражение стоимости жизни человека, которая может быть спасена при реализации проектов по обеспечению безопасности движения. (Великобритания 665 т.ф.ст. на смерт. Случай, Канада 1,5 млн.дол.)

Расчет рисков позволяет установить, что начиная с некоторого момента, затраты на дальнейшее повышение безопасности начинают резко расти, а достигаемый с их помощью эффект становится всё более незначительным.

Специалисты Великобритании подсчитали, что риск пассажира погибнуть на железной дороге не должен превышать 1 на 50 млн. поездов. На этой основе определяется необходимость предохранительных мер, способы их осуществления и ответственность исполнителей. Такой подход является основой для сертификации и страхования железнодорожных пе-

ревозок, что необходимо для работы на мировом транспортном рынке.

Рассмотрим обобщающую модель управления безопасностью [2, 3]. Управление безопасностью включает в себя контроль, анализ, выработку управляющих воздействий и разработку системы эталонов по обеспечению БД. Эти составляющие увязаны в единую динамическую самонастраивающуюся систему с обратной связью.

Уровень безопасности в значительной мере зависит от человеческого фактора, поэтому сбор и анализ данных должен быть нацелен не только на технику, но и на характеристики человеческого фактора, а также на принимаемые меры.

Система управления безопасности содержит две обратных связи: через систему мер для усиления безопасности и через систему эталонов. Внешняя связь – через систему эталонов – использует массив данных за большой промежуток времени, что позволяет получать объективные обобщения, обоснованно корректировать нормы, разрабатывать правила, инструкции, стандарты, технологии, составлять законы, но она требует серьезного научного обеспечения и анализа.

Принятие оперативных мер (внутренняя обратная связь) сопряжено с большой ответственностью, так как последствия могут быть незамедлительными.

Сила прямых и обратных связей должна быть оптимизирована на математической модели управления безопасностью, составленной на базе реальных параметров транспортной системы (техника – человек – управление).

В системе эталонов до сих пор не разработаны и не применяются единые критерии оценки состояния безопасности. В качестве таких критериев целесообразно использовать риски потерь, что соответствует международной практике. Следует различать проектный и действительный риски. Первый задает норму безопасности, второй определяет фактическое положение дел. Такой подход позволит создать методическую основу для лицензирования предприятий по безопасности и перейти на систему раннего диагностирования аварийных ситуаций. Вся система обеспечения безопасности станет в большей степени сориентирована на предупреждение случаев НБ.

Поскольку система обеспечения безопасности сложилась эмпирически по следам крушений и аварий, в ней практически задействованы те механизмы, которые должны исключать причины прошлых происшествий. Однако практика показывает, что происходят повторные крушения по сходным причинам. Следовательно, либо не те меры принимаются, либо они не достигают цели, либо несовершенна система диагностирования причин. Это означает, что система обеспечения безопасности нуждается в осмыслении и в совершенствовании.

Поскольку опасных факторов много, а материальные средства ограничены, то радикальное решение по всем факторам реализовать, как правило, не удастся. Отсюда одной из главных задач управления безопасностью является определение приоритетов, пропорций, оптимального «вектора» для выделения средств и проведения целевых мероприятий.

Несмотря на существующую практику оценки материального ущерба от НБ, обобщающие экономические расчеты потерь и стоимости проводимых мероприятий осуществляются не часто. Одним из принципиальных положений является соотношение между капитальными вложениями и эксплуатационными расходами. С увеличением капитальных вложений ($K_2 > K_1$) на приобретение надежной техники сокращается количество неблагоприятных событий (см. рис.2), что позволяет снизить эксплуатационные расходы ($\Xi_2 < \Xi_1$).

При этом имеются следующие пути повышения безопасности и уменьшения рисков [4, 5]:

А. Если выделен определенный объем средств, известна стоимость каждого фактора в численном его измерении, можно прогнозировать уровень безопасности. Варьируя направление средств в те или иные факторы можно добиваться максимального эффекта при ограниченных вложениях.

Б. Если предполагается рост объема перевозок на некоторую известную величину, то, пользуясь соображениями п. А), можно рассчитать уровень безопасности при заданных ин-

вестициях. Если расчетный уровень безопасности оказывается ниже требуемого, то правомерно ставить вопрос об увеличении инвестиций.

В. Если финансовых вложений на обеспечение требуемого уровня безопасности не хватает (прежде всего, для закупки новой техники), то реальными путями достижения необходимых показателей безопасности следует считать:

- увеличение производительности труда,
- организационные мероприятия для построения дополнительных обратных связей в части контроля и выработки управляющих воздействий,
- снижение эксплуатационных показателей.

На практике наиболее приемлемым и дешевым является второй путь - организационных мер. Эти меры, как правило, дают эффект, но не долговременный, так как направлены на устранение отдельных конкретных недоработок в деле обеспечения безопасности. Меры в основном носят мобилизующий характер, однако, в целом ситуацию они изменить не могут.

Наибольший эффект возможен при сочетании организационных и эксплуатационных показателей. Определение их разумного сочетания является важнейшим делом, в том числе и с экономической точки зрения, а эффективное выполнение наиболее весомых факторов – первоочередной задачей.

Расчёт на основе уравнения (1) – это усредненный прогноз, требующий предшествующей статистики и знания динамики факторных показателей. В реальном времени могут действовать и другие, более кратковременные факторы (погода, приход новых работников, смена руководства, структурные перестройки, отсутствие поставок запчастей и др.), что также существенно влияет на безопасность движения. В этом случае желательно иметь такую методику, которая бы позволила рассчитывать последствия – назовем это проектированием безопасности:

- для конкретных технических средств,
- для конкретных условий их эксплуатации,
- для конкретных характеристик обслуживающего персонала,
- для конкретной принятой системы технического обслуживания,
- для конкретной системы контроля и управления в обеспечении безопасности движения.

Проектирование безопасности – это сложный процесс учета всех факторов, влияющих на безопасность, количественная их оценка и сведение разноплановых показателей в единый, который чаще всего называют риском. При этом расчетный риск должен быть таким, чтобы пользование транспортной системой было безопасным. Надежность технических средств, характеристики обслуживающего персонала, возможность их корректировки, поддержания в пределах нормы должны быть такими, чтобы обеспечивать требуемое значение риска.

При создании новых транспортных систем или их элементов необходимо давать оценку общего риска. Например, внедрение нового скоростного локомотива может не обеспечить требуемой безопасности на высоких скоростях, если использовать старые стрелочные переводы, не обладающие необходимыми характеристиками для скоростного движения. Расчет риска по всем его компонентам позволит принимать обоснованные решения и в части технической политики и по человеческому фактору.

Первой разновидностью риска (назовем его риск 1) является вероятность нарушений безопасности либо данного вида показателя безопасности, либо в целом по всем видам. В этом случае риск совпадает с принятой характеристикой безопасности движения – числом нарушений безопасности (НБ) за данный период. Но от разных видов НБ разная опасность и разные потери. Поэтому уместно говорить о риске потерь или ожидаемых потерях (риск 2), определяемых средней величиной потерь от каждого вида показателя НБ и его частотой.

На железнодорожном транспорте рискует [5]:

1. Пассажир или грузоотправитель.
2. Транспортное подразделение, которое возмещает убытки и материальный ущерб от

НБД.

3. Страховая компания.

Пассажира интересует, прежде всего, частота НБ и тяжесть последствий события, в результате которого он может пострадать. Грузоотправитель оценивает помимо самого факта происшествия и возможный ущерб от порчи груза. Транспортное подразделение и страховая компания должны просчитывать материальный ущерб, средние (по частоте) потери, чтобы знать стоимость безопасности движения.

Чтобы проектировать риски потерь и пытаться ими управлять, необходимо эти показатели увязать с надежностью техники и человека.

Отсюда могут иметь место следующие разновидности риска:

Риск 3 – риск потерь от брака в работе, аварии, крушения при отказе элемента транспортной системы (отказе технического средства, его элемента, ошибке оператора);

Риск 4 – риск потерь от НБ, вызванного отклонением от нормы отказообразующего элемента.

Таким образом, риски могут быть структурированы и определены. Это и будет количественная оценка безопасности. С одной стороны, это может быть проектной оценкой безопасности, а с другой стороны – реальной оценкой существующего положения дел, что позволит диагностировать НБ по совокупности причин на ранней стадии.

Проектирование безопасности – это расчет риска, то есть ожидаемых потерь. Потери при этом необязательно могут быть действительными. Содержательным смыслом их может быть степень потенциальной опасности, то есть насколько отказ элемента, узла или ошибка оператора опасны по своим последствиям. Степень потенциальной опасности определяется двумя путями:

- в виде балльной оценки, даваемой на основе расчетов или экспертным образом;
- в виде действительных потерь, для которых должны собираться статистические данные.

Таким образом, риски можно рассчитывать на основе:

- статистики НБ: крушений, аварий и браков в работе,
- статистики отказов: техники, ошибок персонала,
- статистики отклонений от норм эксплуатации технических средств, нарушений технологий их обслуживания.

Треугольник неблагоприятных событий показывает, что чем меньше последствия от них, тем их больше. Основная профилактика НБ осуществляется на 4-м и 5-м уровнях, т.е. на уровнях предпосылок к НБ, однако количественные характеристики безопасности определяются только по фактам НБ. Методики расчета рисков на 3 и 4 уровнях позволяют проектировать базы данных и комплексно диагностировать аварийные ситуации на ранней стадии их возникновения.

Реально рассчитывать эти риски возможно с внедрением информационных технологий сбора и обработки большого количества данных.

Система обеспечения безопасности в основных своих функциях схематично изображена на рисунке 1. Здесь блоки 1 и 3 относятся к компетенции управления. Что касается блока 2, то все, что связано с планированием производственных операций, контролем, принятием решения, является составляющей частью управления безопасностью.

Введение в практику показателя риска позволит «увидеть» все его составляющие в едином измерении и планировать профилактику безопасности в необходимых пропорциях и своевременно. С помощью показателя риска можно, с одной стороны, комплексно диагностировать аварийные ситуации на более ранней стадии, а с другой стороны, проектировать безопасность и давать обоснованные нормы не только на технические средства, но и на качество работы персонала и транспортные подразделения в целом [5, 6].

Принципы выработки управляющих воздействий в системе обеспечения безопасности должно следовать из:

- 1) анализа конкретной обстановки,
- 2) анализа статистических данных,
- 3) комбинированного анализа.

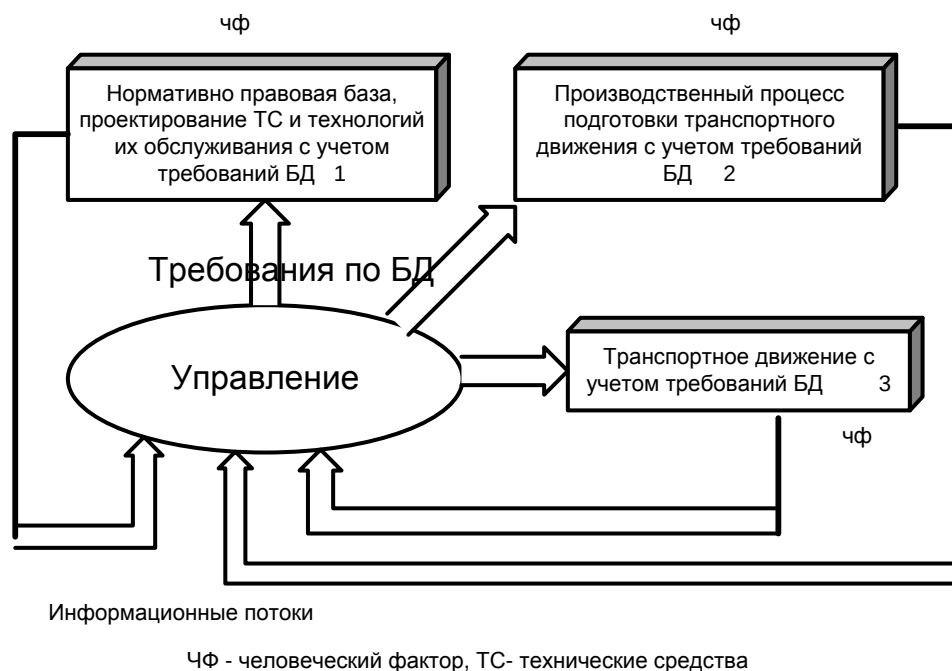


Рисунок 1 – Система обеспечения безопасности в основных своих функциях

Первый случай охватывает решение и планирование повседневных производственных задач. Второй случай нацелен на планирование и решение стратегических задач. Анализ статистических данных позволяет выявлять слабые звенья и неблагоприятные тенденции. Реакцией на них должны быть целевые мероприятия по усилению безопасности.

Выработка управляющего воздействия в любом случае сводится к ответам на три вопроса: Что делать? Как делать? Кому делать?

Формулировка правильных ответов является задачей руководителя или ревизора по безопасности. Для этого им необходимы опыт и знания, а, кроме того, умение прогнозировать последствия от принимаемых решений. Этот процесс будет в значительной мере облегчен для любого ответственного работника, если в его распоряжение предоставить технологию подготовки управляющих воздействий и электронный справочник, где можно оперативно найти ответ, что и как делать в каждом конкретном случае.

С целью обобщения опыта и облегчения процесса подготовки управляющих воздействий должны быть разработаны [6, 7]:

- А) Классификатор принимаемых мер;
- Б) Классификатор неблагоприятных событий;
- В) Классификатор практических проблем обеспечения безопасности.

Разработка указанных классификаторов является необходимым этапом в организации баз данных не только по неблагоприятным событиям (что частично уже сделано – для НБ и их причин), но и по принимаемым мерам.

Благодаря этому создастся замкнутый круг данных, по которым можно будет судить не только о состоянии безопасности, но и об эффективности принимаемых мер и системы управления безопасностью в целом.

Концептуальная модель управления безопасностью может включать в себя:

- Объекты управления.
- Средства управления.
- Технологию управления.
- Условия для реализации управления.

Поскольку обеспечение безопасности является многоцелевой и многофункциональной задачей, то и управление является векторным. Какова оценка и прогноз БД? Что делать? Как делать? Кому делать?

Для обоснованного ответа на эти вопросы необходимо рассматривать соответствующие модели, задающие стратегию и тактику управления при обеспечении безопасности.

Первая концептуальная модель обеспечения (управления) безопасности. Представление потенциально опасных факторов в виде негативных процессов, развивающихся во времени, и процесса обеспечения безопасности, как замедления или прерывания негативных процессов.

Вторая концептуальная модель управления безопасностью. Комплексная оценка состояния безопасности и меры риска по отклонениям от нормы параметров транспортной системы (включая причины НБД и отказов).

Третья концептуальная модель управления безопасностью. Функциональная зависимость уровня безопасности от основных факторов, которые являются объектами управления.

Четвертая концептуальная модель управления безопасностью. Определяется экономическим балансом стоимости потерь от нарушений безопасности и профилактических мероприятий, направленных на достижение заданного уровня безопасности.

Обобщающая концептуальная модель управления безопасностью. Определяет технологию управления: контроль, анализ, принятие решений и разработка системы эталонов. Все это вместе представляет единую динамическую самонастраивающуюся систему с двумя кольцами обратной связи, направленными соответственно на объекты транспортной системы и на систему эталонов. Она является базовой моделью, остальные четыре модели в конечном итоге вписываются в нее.

Каждый уровень управления на железнодорожном транспорте и каждое должностное лицо должны отвечать за свой круг задач по обеспечению безопасности. Так как четкой регламентации задач по уровням управления до сих пор нет, на практике этот принцип действует лишь частично. Не решение задач по обеспечению безопасности на определенном уровне автоматически перемещает их на нижестоящий уровень, где они решаются не полностью или в принципе не могут быть решены.

На уровень безопасности движения влияют следующие факторы P_i :

1. Объем перевозочной работы (грузооборот, пассажирооборот, приведенная работа);
2. Состояние технических средств (процент неисправных, выработавших свой ресурс технических средств);
3. Уровень технических средств (объем внедряемой новой техники, периоды между обновлением или модернизацией техники);
4. Численность персонала, занятого в перевозочном процессе, или общая численность работающих на железнодорожном транспорте;
5. Уровень квалификации персонала (средний разряд, классность, процент занятия должностей специалистами соответствующей квалификации и образования);
6. Дисциплина.
7. Эксплуатационные показатели (скорость, вес поезда, статическая нагрузка на ось).

Управлять негативными процессами – значит управлять безопасностью движения. Управление охватывает все сферы проектирования и реализации безопасности. По сути, управление безопасностью – это разработка, корректировка требований по безопасности, организация их выполнения и расчёту рисков.

В свете вышеизложенного наиболее актуальными задачами в области управления

безопасности являются:

1. Создание в хозяйствах современных информационных систем сбора и анализа данных об отказах техники и ошибках персонала, не включаемых в отчетность по случаям НБ.
2. Разработка и внедрение методики экономических расчетов для определения: а) потерь от НБ, отказов техники, б) ошибок персонала и в) эффективности проводимых профилактических мероприятий.
3. Внедрение методов всеобщего управления качеством технологических процессов на основе отечественного и зарубежного опыта.
4. Разработка автоматизированных методик расчета рисков, как универсального показателя состояния безопасности, и их прогнозирование.

Список литературы

1. Классификация рисков на железнодорожном транспорте с учетом рискообразующих факторов / Елпанова М.А., Казбекова Л.А., Дузельбаева Г.Б., Хе Е.А. Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Казахстан. http://www.rusnauka.com/3_SND_2017/Economics/10_221548.doc.htm (дата обращения 15.09.2018).
2. https://vuzlit.ru/1005685/riski_na_zheleznodorozhnom_transporte (дата обращения 15.09.2018).
3. ГОСТ 33433-2015 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте.
4. Замышляев А.М. Система управления рисками в области безопасности движения на железнодорожном транспорте. Евразия Вести II 2017. <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2017-12a08>. (дата обращения 15.09.2018).
5. ISO/IEC стандарты управления рисками, часть 1,2
6. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М. Машиностроение, 1984. 528 с.
7. Буравлев А.И., Доценко Б.И., Казаков И.Е. Управление техническим состоянием динамических систем. М.: Машиностроение, 1995. 240 с.

УДК 614.841

ВВЕДЕНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ В ОЦЕНКУ РИСКА И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

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., д. 149, lyudamil@mail.ru

Хайдаров Андрей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры бизнес-информатики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26, andreyhaydarov@gmail.com

Аннотация. Исследована возможность применения эксергетического подхода для оценки риска и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте.

В качестве грузов рассмотрены нефть и нефтепродукты, твердые коммунальные отходы. Впервые получены зависимости между химической эксергией и теплотой сгорания опасных железнодорожных грузов. Введение эксергетического показателя позволит добавить объективности в процедуру определения пожарной опасности грузов и комплексно рассматривать вопросы энерго-экологической эффективности, пожарной опасности и риска таких перевозок.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, эксергия, теплота сгорания, опасный груз, нефть, твердые коммунальные отходы, пожарная опасность, риск, энерго-экологическая эффективность.

EXERGETIC INDICATOR FOR FIRE RISK ASSESSMENT OF CARGO ON THE RAILWAY

Koroleva Lyudmila A. – PhD, Deputy Head of Department of Fire, Rescue Equipment and Automotive Industry Department

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, lyudamil@mail.ru

Khaydarov Andrey G. – PhD, Associate Professor of Department of Business Informatics

Saint Petersburg State Technology Institute (Technical University)

Moskovsky pr., 26, St. Petersburg, 190013, Russian Federation, andreyhaydarov@gmail.com

Abstract. In this paper, we investigated the possibility of applying the exergy approach to assess the risk and fire hazard of cargo traffic at railway. Cargo include oil and oil products, municipal solid waste. The article first obtained the relationship between chemical exergy and the heat of combustion of dangerous railway cargo. When determining the fire hazard of cargo, the introduction of an exergy indicator will allow to add objectivity. It will also allow for a comprehensive review of the issues of energy-ecological efficiency and the fire hazard of such cargo traffic and risk of this transportation.

Keywords: railway transport, exergy, high heat value, dangerous cargo, municipal solid waste, fire hazard, risk, energy-ecological efficiency.

На сегодняшний день одним из основных видов транспорта является железнодорожный. Его доля в грузообороте нашей страны составляет 43,2 % [1]. Российскими железными дорогами перевозятся более 900 наименований опасных грузов, на них приходится около 35 % от общего числа грузовых перевозок, и эта величина постоянно растёт [2].

Наиболее частыми происшествиями, связанными с перевозками опасных грузов, являются пожары. Они возникают из-за неосторожного обращения с огнем, неисправностей локомотивов и подвижного состава, нарушений правил перевозки опасных грузов и других причин. Так, например, железнодорожная катастрофа в Арзамасе в июне 1988 года. Пожар произошел при транспортировке гексогена, затем прогремел взрыв. Разрушено около 150 домов. Жертвами трагедии стали 91 человек, пострадали более 1500. В мае 1996 года на станции Мыслец Горьковской железной дороги опрокинулось 23 вагона (цистерны) грузового поезда, в результате чего произошел разлив фенола и дизельного топлива, последнее начало гореть. В результате аварии более 200 человек отравились фенолом, фенол и дизельное топливо загрязнили почву и водоемы на большом расстоянии от места происшествия. В августе 2003 года на Свердловской железной дороге в аварию попал состав из 62 цистерн с бензином, 21 цистерна сошла с рельс, загорелась или взорвалась. Больше месяца проводились работы по ликвидации аварийного разлива нефти. Загрязненность грунтов нефтепродуктами в октябре 2013 года фиксировалась на уровне 200 ПДК.

Разработка мер, направленных на управление пожарным риском, при транспортиров-

ке опасных грузов, является, безусловно, актуальной задачей.

Одним из перспективных методов повышения энергетической эффективности является эксергетический анализ [3], в основе которого лежит понятие эксергии. Эксергия системы – количество энергии, которое может быть получено от системы или передано ей в результате обратимого перехода системы из некоторого состояния в состояние равновесия с окружающей средой. В отличие от энергии, эксергия не подчиняется закону сохранения, диссипируясь или затрачиваясь вследствие необратимости любых реальных процессов.

Применяемые эксергетические показатели могут быть связаны с технико-экономическими, так как эксергия, так же как и стоимость, может создаваться и уничтожаться, что не характерно для энергии. Потери эксергии напрямую коррелируют с генерацией энтропии в результате неравновесных процессов.

В последнее время увеличивается значение эксергетического метода при оценке негативного воздействия процессов и оборудования на человека и окружающую среду. Данный метод получил развитие для исследования энерго-экологической эффективности железнодорожного транспорта [4]. Это обусловлено тем, что эксергия – единственное понятие в термодинамике, в определение которого входят категории «окружающая среда», «окружение технической системы».

Нами предлагается ввести в оценку пожарной опасности грузов, обращающихся на железнодорожном транспорте, эксергетический показатель.

Одними из основных грузов, доставляемых железнодорожным транспортом, являются нефть и нефтепродукты. Несмотря на то, что в 2010-2016 г.г. наблюдалось снижение перевозок нефти по железной дороге, в 2017 году ОАО «РЖД» удалось минимизировать сокращение погрузки нефтеналивных грузов [5].

Доля нефтяных грузов в структуре перевозки и доходов на сети ОАО «РЖД» представлена на рисунке 1.

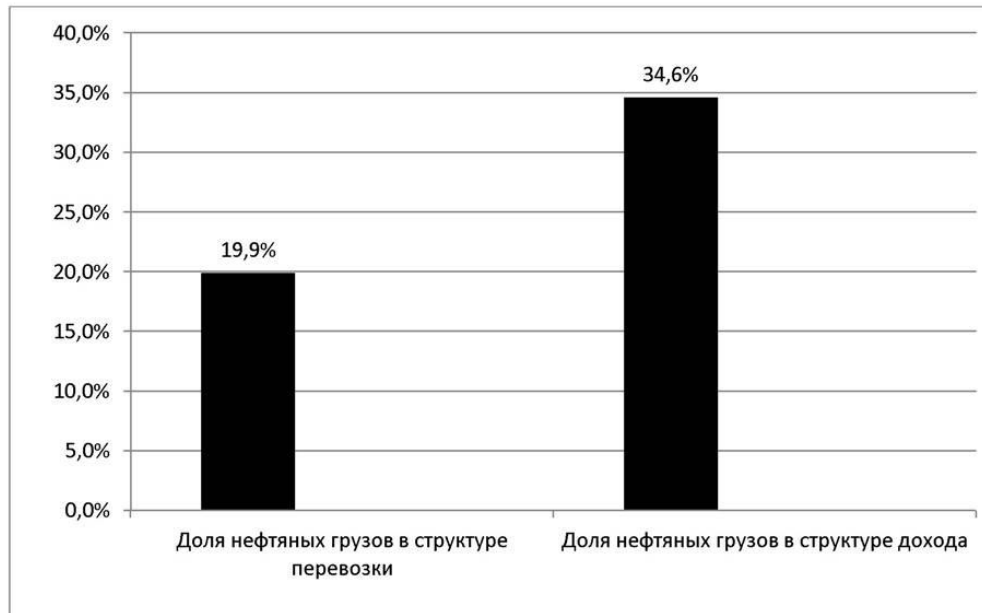


Рисунок 1 – Доля нефтяных грузов в структуре перевозки и доходов ОАО «РЖД» [6]

Для химических соединений основной процесс преобразований в окружающей среде связан с химическими реакциями (реакциями девальвации), приводящими к их превращению в компоненты окружающей среды. При горении топлив реакция девальвации совпадает с реакцией горения, энтальпия девальвации – с теплотой сгорания.

Нами получена связь между низшей теплотой сгорания, температурой вспышки, тем-

пературными и концентрационными пределами воспламенения и удельной химической эксергией углеводородов, являющихся компонентами газообразного и жидкого топлива [7]. Зависимость низшей теплоты сгорания Q_n от химической эксергии E_x представлена на рисунке 2. Коэффициент корреляции $R^2 = 0,999$. Уравнение зависимости при $831,7 \text{ кДж/моль} \leq E_x \leq 11937 \text{ кДж/моль}$ имеет вид: $Q_n = 0,937E_x + 66,7$.

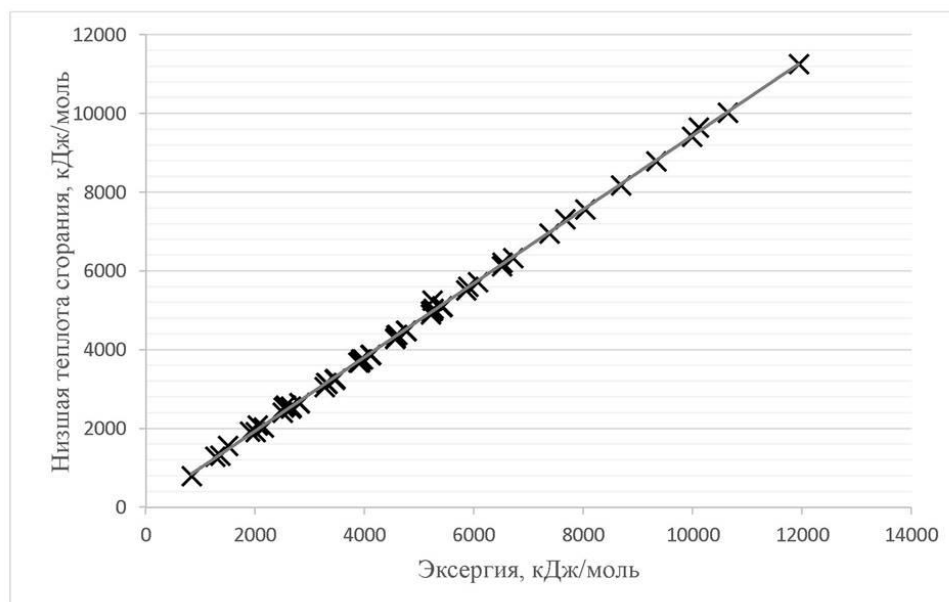


Рисунок 2 – Зависимость значений Q_n и E_x для углеводородов

Еще одним опасным грузом, предполагаемым к перевозке на железнодорожном транспорте, являются твердые коммунальные отходы (ТКО), количество которых неуклонно растет [8]. На сегодняшний день прорабатывается проект по вывозу мусора из крупных городов России по железной дороге на отдаленные полигоны.

На основании данных, представленных в работах [9–12], нами проведен анализ изменения морфологического состава ТКО за последние 100 лет и выявлены основные тенденции его изменения. Происходит исчезновение металлов, что связано со снижением металлоемкости продукции и извлечением данной фракции на стадии контейнерной площадки. Растет количество полимерных отходов, упаковки и текстиля. С повышением благосостояния людей увеличивается количество пищевых отходов, причем часть из них выбрасывается непосредственно в упаковку.

На основании полученных данных о морфологическом составе отходов, используя методику [13], нами была вычислена эксергия компонентов ТКО и получена зависимость высшей теплоты сгорания Q_v от химической эксергии E_x (рис. 3). Коэффициент корреляции $R^2 = 0,975$. Уравнение имеет вид: $Q_v = 1,17E_x - 4,38$.

Из графика на рисунке 3 видно, что наибольшей химической эксергией обладают полимерные отходы, затем по убыванию отходы резины, текстиль, древесные отходы, бумага и пищевые отбросы. Изменения морфологического состава последних лет свидетельствуют о росте эксергии ТКО.

Выявлены зависимости между значениями эксергии и процентным содержанием различных атомов в составе ТКО. Пример зависимости представлен на рисунке 4. Коэффициент корреляции $R^2 = 0,976$. Уравнение имеет вид: $E_x = 0,5283 C - 5,5063$.

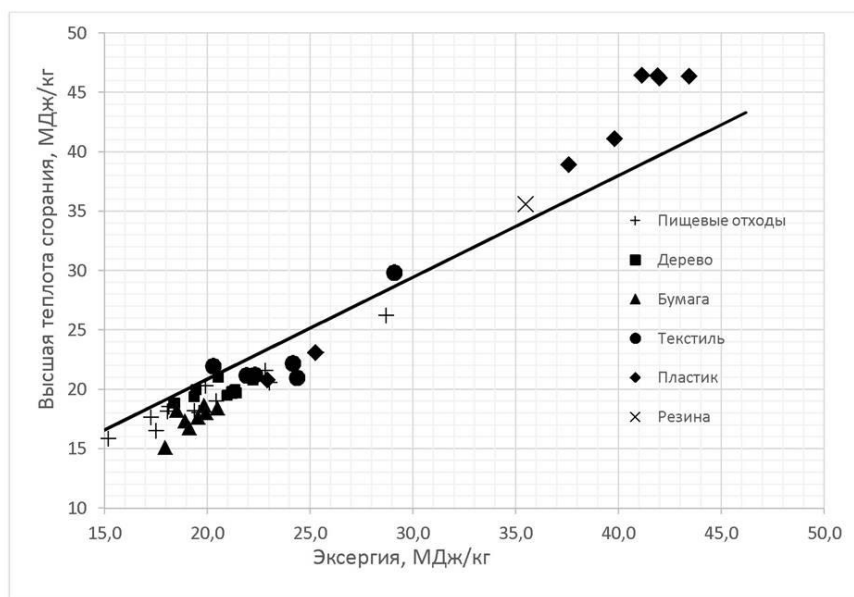


Рисунок 3 – Зависимость высшей теплоты сгорания от эксергии для компонентов ТКО

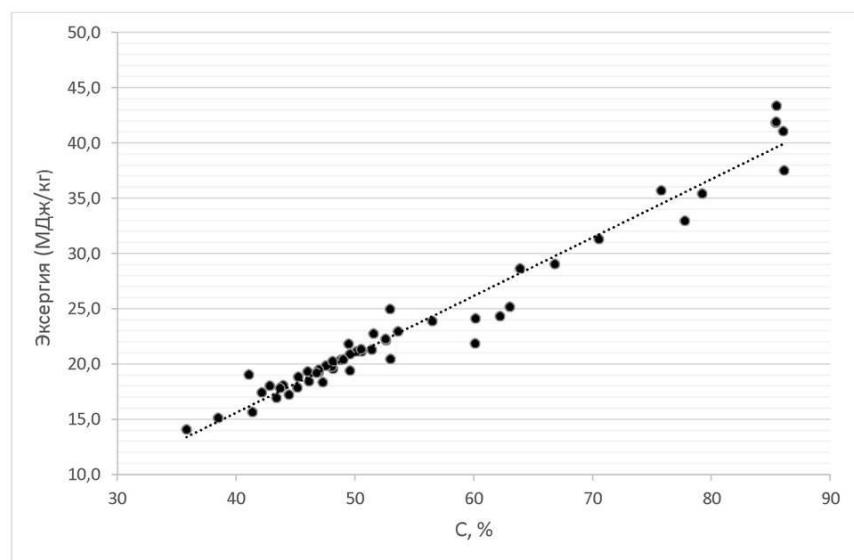


Рисунок 4 – Зависимость эксергии от содержания углерода в ТКО

Полученные данные свидетельствуют об однозначной зависимости между величинами теплота сгорания и химической эксергии опасных железнодорожных грузов.

Введение эксергетического показателя в оценку пожарной опасности грузов, перевозимых на железнодорожном транспорте, позволит с одной стороны, добавить объективности в процедуру определения пожарной опасности грузов, с другой стороны, позволяет комплексно рассматривать вопросы энерго-экологической эффективности, пожарной опасности и риска таких перевозок.

Список литературы

1. Либерман Б.А., Хмелев А.С. Экологические проблемы транспортировки опасных грузов по железным дорогам России // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т. 6. № 1. С. 51–54.
2. Дубровин А.А. Типизация деревьев событий при транспортировке железнодорож-

ным транспортом опасных грузов // Проблемы анализа риска. 2008. №3. С. 86–95.

3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48-2017 Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности.

4. Попов В.Г., Боровков Ю.Н., Сухов Ф.И. Оценка энерго-экологической эффективности // Мир транспорта. 2012. № 3. С. 96–101.

5. Перспективы перевозок нефтеналивных грузов железнодорожным транспортом: риски и перспективы. URL: <http://www.logistika-prim.ru/> (дата обращения 30.09.2018).

6. Савчук В.Б. Возможные направления привлечения грузов и повышения конкурентоспособности ЖД перевозок // Железнодорожные перевозки продукции нефте- и газопереработки: тр. VII прак. конф. М. 2016. С.15–21.

7. Королева Л.А., Хайдаров А.Г., Ивахнюк Г.К., Коваль Д.Н. Эксергетический подход к оценке энерго-экологической эффективности и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 7–8. С. 43–52.

8. Вахитов Ю.Ф., Шамсутдинова Л.Р., Зверева Т.И., Акбалина З.Ф., Белан Л.Н. Изучение изменения морфологического состава твердых бытовых отходов в мегаполисе г. Уфе // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2012. № 4. С. 63–69.

9. Зайцев В.А., Сотнезов А.В. Экспериментальное определение состава и свойств твердых коммунальных отходов – ключевой этап при разработке программных мероприятий в области управления коммунальными отходами // Успехи в химии и химической технологии. 2015. Том XXIX. № 9. С. 21–23.

10. Арзамасова З.А., Александровская З.И., Гуляев Н.Ф., Кирпичников А.А., Крхамбаров Я.Н., Кузьменкова А.М., Шапиро М.А. Санитарная очистка городов (сбор, удаление, обезвреживание и использование твердых отходов) / под ред. Н.Ф. Гуляева. М.: Стройиздат. 1966. 220 с.

11. Владимиров Я.А., Зысин Л.В. Методические вопросы энергетического использования твердых коммунальных отходов и продуктов их газификации // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24. № 1. С. 5–16.

12. Козлов Г.В., Ивахнюк Г.К. Морфологический состав твердых коммунальных отходов по регионам мира в XX веке и начале XXI века (обзор) // Известия СПбГТИ (ТУ). 2014. № 24. С. 58–66

13. Eboh F. C., Ahlström P., Richards T. Estimating the specific chemical exergy of municipal solid waste // Energy Science & Engineering. 2016. Vol. 4. Issue 3. P. 217-231.

УДК 614.844.1

ПОРОШКОВОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Поляков Александр Степанович – доктор технических наук, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149*

Константинова Алина Станиславовна – адъюнкт кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, as_konstantinova@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены характеристики огнетушащих порошковых составов, позволяющие им получить широкое распространение во всех отраслях промышленности и в частности на объектах железнодорожного транспорта. Приведен обзор табельных средств порошкового пожаротушения, которыми оснащены объекты железнодорожной инфраструктуры. Определены направления совершенствования обеспечения пожарной безопасности объектов железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: Огнетушащие порошковые составы, железнодорожный транспорт, огнетушители, первичные средства пожаротушения, пожарный поезд.

DRY CHEMICAL FIRE EXTINGUISHING ON RAILWAY TRANSPORT OBJECTS: STATE OF THE QUESTION AND DIRECTION OF DEVELOPMENT

Polyakov Alexander S. – Doctor of Technical Sciences, professor of physics and technology bases of ensuring fire safety department

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation

Konstantinova Alina S. – postgraduate of physics and technology bases of ensuring fire safety department

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, as_konstantinova@mail.ru

Abstract. Article considers characteristics of dry chemical powder which allow them to be widely adopted in all industries and in particular on railway transport objects. The review of organic means of dry chemical powders which have equipped railway infrastructure objects is provided. The directions of fire safety improvement of railway transport objects are defined.

Keywords: Dry chemical powder, railway transport, fire extinguishers, emergency fire-fighting equipment, fire train.

Огнетушащие порошки являются одним из наиболее распространенных огнетушащих веществ (ОВВ). Широкое распространение огнетушащих порошковых составов обусловлено их универсальностью. Порошки различного назначения различных марок пригодны для тушения всех классов пожаров [1].

Кроме универсальности огнетушащие порошковые составы (ОПС) обладают еще рядом достоинств:

- относительная дешевизна как самих ОПС, так и систем автоматического пожаротушения, при достаточно высокой огнетушащей эффективности;
- широкий температурный диапазон использования – в отличие от систем водяного и пенного пожаротушения, применение которых ограничено в области низких температур окружающей среды;
- способность тушить электрооборудование под напряжением (до 1000 В);
- порошки не причиняют значительного ущерба защищаемому имуществу;
- длительный срок хранения и эксплуатации, при этом порошковые составы не вызывают коррозии металлических коммуникаций;
- экологическая безопасность – порошки, утратившие эксплуатационные свойства, могут быть утилизированы в качестве сельскохозяйственных удобрений или технических моющих средств [6].

Перечисленные выше характеристики ОПС позволяют им найти применение практически во всех отраслях промышленности, в том числе и на железнодорожном транспорте.

Опасность пожаров в пассажирских поездах обусловлена такими факторами как:

- высокая скорость распространения пламени – до 5 м/мин в коридорах пассажирских поездов; вагон полностью охватывается пламенем в течение 15–20 мин;

- высокая температура газообразной среды при пожаре (до 950°C);
- возможность воздействия на пассажиров токсичных продуктов горения (оксида углерода, хлористого и цианистого водорода), концентрация которых менее чем через 5 минут превышает предельно допустимые значения;
- возможность распространения паники среди пассажиров, что создаст трудности для их своевременной эвакуации при достаточно быстром блокировании путей эвакуации опасными факторами пожара.

Для обеспечения своевременной ликвидации возникшего очага пожара подвижной состав и объекты железнодорожного транспорта оснащаются различными типами огнетушителей. Состав и количество первичных средств пожаротушения на данных объектах регламентируются «Нормами оснащения объектов и подвижного состава федерального железнодорожного транспорта первичными средствами пожаротушения», утвержденными Указанием Министерства путей сообщения России от 31 марта 2000 г. № Г-822у [3]. В таблице 1 приведены нормы оснащения порошковыми огнетушителями различных типов некоторых наименований подвижного состава и погрузочно-разгрузочной техники.

Таблица 1 – Нормы оснащения подвижного состава и погрузочно-разгрузочной техники порошковыми огнетушителями

Наименование подвижного состава	Измеритель	Тип огнетушителя		
		ОП-2	ОП-5, ОП-10	ОСП
Электровозы	секция		1	
Тепловозы магистральные с кузовом вагонного типа	секция		1	
Тепловозы маневровые с кузовом капотного типа	тепловоз		1	
Электропоезда ЭР2Р, ЭР2Т: 10 и 12-вагонные	поезд	1	2	
Электропоезд ЭД2Т 10 и 11-вагонный	поезд	1	2	
Электропоезд ЭД4 11-вагонный	поезд	1	2	
Пассажирские цельнометаллические вагоны с электроотоплением	вагон			2
– « – с водяным или комбинированным отоплением	вагон			2
Восстановительные поезда (независимо от разряда)	поезд		6	

В таблице 2 приведены типы порошковых огнетушителей, применяемых для оснащения объектов и подвижного состава железнодорожного транспорта, и марки огнетушащих порошков, используемых в данных огнетушителях.

Негорючей основой порошковых составов, представленных в таблице 2, являются фосфаты аммония и бикарбонат натрия. Порошки на основе фосфатов аммония обладают хорошими огнетушащими свойствами, однако они гигроскопичны и уязвимы к слеживаемости. Порошки на основе бикарбоната натрия несколько уступают по огнетушащим свойствам, при этом они более устойчивы к слеживаемости [5].

Таблица 2 – Типы порошковых огнетушителей, применяемых для оснащения объектов и подвижного состава железнодорожного транспорта, и марки огнетушащих порошков

Тип огнетушителя	Марки порошков
ОП-2(г)	Пирант-А, Пирант-АН, ПСБ-3М, «Вексон-АВС»
ОП-3(г)	П-2АП, Пирант-А, Пирант-АН, ПСБ-3М, «Вексон-АВС»
ОП-5(г)	– «–»
ОП-6	Пирант-А, Пирант-АН, ПСБ-3М, «Вексон-АВС»
ОП-10(г)	П-2АП; Пирант-А, Пирант-АН, ПСБ-3М, «Вексон-АВС»
ОП-10(з)	П-2АП, Пирант-А, Пирант-АН
ОП-10ХЛ	П-2АП
ОП-10-02	П-2АП, ПСБ-3М
П-2АП, ПСБ-3М	П-2АП, Пирант-А, Пирант-АН, ПСБ-3М, «Вексон-АВС»
ОП-3ТМ	– «–»
ОП-5ТМ	– «–»
ОП-5-01(02)ТМ	– «–»
ОП-10ТМ	– «–»

Объекты железнодорожного транспорта могут занимать площади, протяженные на десятки километров. Помимо пассажирских поездов на таких объектах могут находиться грузовые составы, транспортирующие вещества различной степени опасности: легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, твердые взрывопожароопасные грузы, аварийно химически опасные вещества (АХОВ) и т.п. Пожарная опасность таких объектов характеризуется следующими особенностями:

- большое количество составов, занимающих пути, что затрудняет доступ пожарной техники к месту пожара;
- узкие протяженные разрывы между составами, находящимися на соседних путях, что способствует быстрому распространению огня на большие площади;
- вероятность разливов легковоспламеняющихся, горючих жидкостей или АХОВ из цистерн и образования загазованных зон на прилегающей территории;
- наличие электросетей под высоким напряжением.

Основной техникой, предназначенной для ликвидации пожаров на объектах железнодорожного транспорта, являются пожарные поезда. Порядок их использования регламентируется «Положением об организации в ОАО «РЖД» работы по содержанию и эксплуатации пожарных поездов», утвержденным вице-президентом ОАО «РЖД» 29.12.2005 № ВП-12516 [4].

Пожарные поезда дислоцируются на крупных железнодорожных станциях, где имеется локомотивный парк – пожарный поезд, как правило, не имеет собственного локомотива, в случае необходимости применения для него выделяется любой свободный локомотив из числа находящихся на станции.

По назначению и тактико-техническим характеристикам пожарные поезда подразделяются на две категории:

- специализированный пожарный поезд 1 категории – наряду с тушением пожаров способен выполнять задачи по перекачке и (или) нейтрализации опасных грузов;
- пожарный поезд 2 категории, предназначенный преимущественно для выполнения задач по тушению пожаров (рис. 1).

В состав пожарного поезда входят:

- две цистерны с водой объемом от 50 до 72,3 м³;
- четырехосный цельнометаллический вагон для размещения личного состава, насосной установки, электростанции, пожарно-технического вооружения (ПТВ) и средств пожаротушения;
- пожарный поезд 1-й категории включает в себя цистерну-приемник объемом 50–70 м³, предназначенную для перекачки нефтепродуктов.



Рисунок 1 – Состав пожарного поезда 2-й категории (тепловоз не входит в штатный состав поезда)

Средства пожаротушения, которыми оснащается пожарный поезд, включают в себя в том числе порошковые огнетушители ОП-5 в количестве 5 шт., а также передвижные огнетушители ОП-50 в количестве 2 штук [7].

В состав специализированного пожарного поезда может включаться платформа транспортной системы комбинированного пожаротушения (ТСКП). ТСКП содержит две емкости объемом по 10 м³: в одной содержится огнетушащий порошок на основе цеолита, во второй – двуокись углерода под давлением 1,6 МПа, служащая для вытеснения порошка. Сосуд для порошка оборудован аэроднищем, под которое периодически подается воздух. В результате на поверхности аэроднища образуется псевдоожиженный слой, порошок в объеме сосуда взрыхляется, чем предотвращается его слеживание.

Таким образом, табельные средства пожаротушения, которыми оснащаются объекты железнодорожного транспорта, предоставляют возможность эффективного тушения пожаров различных классов. Повышение уровня защищенности таких объектов от пожара может быть достигнуто:

- высоким уровнем подготовки работников ОАО «РЖД», в обязанности которых входят действия по ликвидации очага пожара;
- анализом уполномоченными лицами рынка современных огнетушащих средств, периодическим устранением морально устаревших и внедрением в практику новых разработок;
- контролем исправного состояния средств пожаротушения, своевременным принятием мер для поддержания их работоспособности;
- подбором порошковых составов, наиболее соответствующих по своим характеристикам заданной области применения;
- проведением мероприятий по информированию населения о правилах пользования первичными средствами пожаротушения.

Список литературы

1. ГОСТ 27331-87 (СТ СЭВ 5637-86) «Пожарная техника. Классификация пожаров» url: <http://base.garant.ru/5368573/> (дата обращения 26.10.2018).
2. ГОСТ Р 51057-2001 «Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний» url: <http://base.garant.ru/3924923/> (дата обращения 29.10.2018).
3. Нормы оснащения объектов и подвижного состава федерального железнодорожного транспорта первичными средствами пожаротушения, утв. Указанием Министерства путей сообщения РФ от 31 марта 2000 г. № Г-822у.
4. Положение об организации в ОАО «РЖД» работы по содержанию и эксплуатации пожарных поездов», утв. вице-президентом ОАО «РЖД» 29.12.2005 № ВП-12516.
5. Баратов А.Н., Вогман Л.П. Огнетушащие порошковые составы. М.: Стройиздат. 1982. 72 с.
6. Баратов А.Н., Вогман Л.П., Бухтояров Д.В. Порошковое пожаротушение // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 8. С. 34–40.
7. Пожарная техника: Учебник / Под ред. М.Д. Безбородько. М.: Академия ГПС МЧС России. 2004. 550 с.

МЕТОДИКА ВЫБОРА И МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Печурин Александр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, pechurinas@mail.ru

Преснов Алексей Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, alexeypresnov@mail.ru

Марченко Михаил Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, начальник института развития

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, spbidpo@mail.ru

Аннотация. Приведена методика решения вопросов наиболее предпочтительных вариантов выбора и модернизации систем технологического пожаротушения автодорожных тоннелей. Приведены результаты частных тактико-технических показателей вариантов пожаротушения, частных показателей безотказности и долговечности вариантов построения систем пожаротушения, частных экономических показателей вариантов развития систем пожаротушения управления развитием системы пожаротушения с выбором наиболее предпочтительного варианта.

Ключевые слова: системы пожаротушения, варианты систем пожаротушения, результаты исследований, методика сравнительного анализа и выбора варианта решения.

METHOD OF SELECTION AND MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS OF ROAD TUNNELS

Pechurin Alexander Al. – Ph.D., docent Department of fire emergency- rescue equipment and car economy

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, pechurinas@mail.ru

Presnov Alexey Iv. – Ph.D., docent Department of retraining and advanced training of specialists

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, alexeypresnov@mail.ru

Marchenko Mikhail An. – Ph.D., The head of the Institute of development

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, spbidpo@mail.ru

Abstract. The technique of the decision of questions of the most preferable options of the choice and modernization of systems of technological fire extinguishing of road tunnels is resulted. The results of private tactical and technical indicators of fire extinguishing options; private indicators of reliability and durability of options for building fire extinguishing systems; private economic indicators of options for the development of fire extinguishing systems management development of fire extinguishing system with the choice of the most preferred option.

Keywords: fire extinguishing systems, fire extinguishing systems, the results of the research

Увеличивающееся строительство автодорожных туннелей в крупных городах вызвано необходимостью модернизации и создания современных городских транспортных инфраструктур.

Опыт эксплуатации транспортных тоннелей, особенно расположенных в пределах города, показывает высокую вероятность аварий и дорожно-транспортных происшествий, сопровождающихся пожарами.

Повышенная пожарная опасность городских автодорожных тоннелей обуславливается:

- высокой скоростью развития пожара и интенсивностью задымления в тоннельных сооружениях;
- ограничениями объемно-планировочного характера, связанными с размещением в автодорожных тоннелях противопожарного оборудования;
- ограничениями экономического, информационного и ресурсного характера (наличие необходимого количества воды для целей пожаротушения, мощностные характеристики электросетей), вызванными проведением работ в условиях сложившейся городской застройки.

При этом часто ввиду уникальности сооружений требуется искать технически новые решения с учетом многовариантности, опыта эксплуатации противопожарной защиты автодорожных тоннелей, эффективности применения предполагаемых решений при модернизации системы технологического пожаротушения (СТП) и выбора наиболее оптимальной совокупности оборудования.

Характерной особенностью обоснования вариантов модернизации системы технологического пожаротушения в современных условиях является наличие существенной неопределенности, обусловленной сложностью решаемой задачи и ограниченным объемом доступных исходных данных.

Эта неопределенность, с одной стороны, затрудняет оценку степени влияния модернизации на показатели надежности и эксплуатационных затрат. С другой стороны, она влияет и на сложность выбора наиболее предпочтительных вариантов модернизации из-за наличия многокритериальности и недетерминированности целевых функций выбора.

С научной точки зрения задача модернизации СТП может рассматриваться в двух аспектах: в широком - как задача оптимального управления развитием сложных систем в условиях неопределенности; в узком – как задача управления состоянием СТП на стадии эксплуатации.

Количество и номенклатура основных видов пожарной техники, их число и схема размещения в автомобильных и железнодорожных тоннелях для каждого конкретного сооружения устанавливается с учетом обеспечения уровня противопожарной защиты, а также в зависимости от особенностей развития возможного пожара на данном объекте.

В настоящее время, наибольшее применение находят установки газового и водяного (дренчерного и спринклерного типа) пожаротушения.

Для решения задач по обоснованию вариантов модернизации системы технологического пожаротушения с учетом показателей надежности и эксплуатационных затрат в условиях ресурсных и информационных ограничений выполнялись:

1. Сравнительный анализ частных тактико-технических показателей вариантов развития систем пожаротушения.
2. Сравнительный анализ частных показателей безотказности и долговечности вариантов построения систем пожаротушения.
3. Сравнительный анализ частных экономических показателей вариантов развития систем пожаротушения.
4. Комплексный анализ частных тактико-технических, надежностных и экономиче-

ских показателей вариантов управления развитием системы пожаротушения с выбором наиболее предпочтительного варианта.

Взаимосвязь частных задач и этапы их решения показаны на рисунке 1.

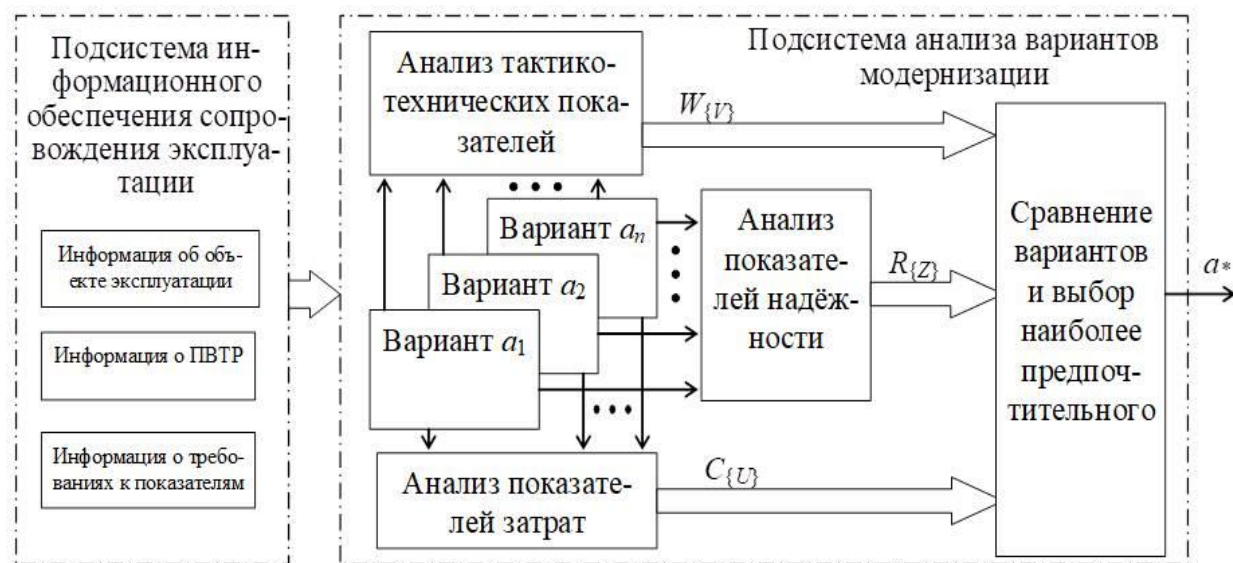


Рисунок 1 – Взаимосвязь частных задач исследования вариантов управления развития пожаротушения и этапы их решения: ($a_1 \dots a_n$ – тактико-технические показатели вариантов построения систем пожаротушения; $W_{\{V\}}$ – результаты сравнительного анализа тактико-технических показателей вариантов построения систем пожаротушения (показатель эффективности); $R_{\{Z\}}$ – результаты сравнительного анализа показателей надёжности вариантов построения систем пожаротушения; $C_{\{U\}}$ – результаты сравнительного анализа экономических показателей (затрат) вариантов построения систем пожаротушения)

Частный показатель эффективности $W_{\{V\}}$ для различных вариантов систем пожаротушения определялся по зависимости:

$$W_{\{V\}} = \frac{Q \cdot F}{t \cdot A}, \quad (1)$$

где Q – максимальный расход рабочего тела при тушении пожара; F – площадь очага потенциального пожара (покрываемая площадь очага пожара); t – оперативность срабатывания системы; A – энергетическая энергоёмкость системы.

Формирование частного тактико-технического показателя эффективности на множестве выявленных определяющих параметров (Q, F, t, A) основано на применении теории размерности. Полученное выражение безразмерно и имеет прозрачный физический смысл. Результат работы системы тем лучше, чем большим расходом она обладает, чем большую площадь очага пожара она может накрыть.

В тоже время, чем выше ее оперативность (меньше время срабатывания) и чем она менее энергоёмка, тем выше результат ее функционирования.

Максимальное значение $W_{\{V\}}$ достигается при максимизации Q, F и минимизации t, A . С этих позиций рассматривались варианты газовой и системы пожаротушения тонкораспыленной водой.

В наиболее общей постановке задача выбора наилучшей альтернативы предложено осуществлять поэтапно (рис. 2) по максиминному критерию:

$$a^* = \operatorname{argmax}[\min \tilde{\Delta}_{iv}], \quad (2)$$

$$a_i \in A \quad v \in \{1, \dots, s\}.$$



Рисунок 2 – Основные этапы алгоритма обоснования рационального варианта модернизации СТП при неаддитивных откликах показателей на модернизацию элементов системы

В работе было рассмотрено несколько частных показателей предпочтительности вариантов сгруппированных в три подмножества:

- тактико-технические показатели, $\Delta \tilde{W}_{\{V\}}$;
- показатели надежности, $\Delta \tilde{R}_{\{Z\}}$;
- показатели эксплуатационных затрат, $\Delta \tilde{C}_{\{U\}}$.

Задача выбора наиболее предпочтительной альтернативы сводилась к задаче поиска минимальной нечёткой оценки удаления каждой альтернативы от критического значения по

всем частным показателям и, затем, выбора среди таких альтернатив наилучшей по максимальному удалению.

Комплексный анализ частных показателей вариантов управления развитием системы пожаротушения (табл. 1) позволил выбрать в качестве наиболее предпочтительного варианта – «Поставка и монтаж новой системы пожаротушения тонкодисперсной водой».

Таблица 1 – Результаты оценивания частных показателей вариантов модернизации системы автоматического пожаротушения

Вариант АСП	Эффективность пожаротушения АСП	Надежность АСП		Экономичность АСП	
		Коэффициент оперативной готовности	Технический ресурс (лет)	Затраты на создание (млн. руб.)	Затраты на эксплуатацию (млн. руб. / год)
1.	10,3	0,95	10,5	1,5	0,36
2.	7,8	0,998	15,3	0,35	0,25
3.	8,4	0,98	10,4	0,75	0,45
Вариант 1 – газовая АСП; Вариант 2 – АСП с ТДВ; Вариант 3 – водяная дренчерная АСП					

Применение разработанной модели и алгоритма для решения конкретной практической задачи по обоснованию вариантов развития системы технологического пожаротушения показало, что с ее помощью можно успешно решать достаточно актуальные задачи по оцениванию и выбору управляющих решений с учетом реальной неопределенности процесса принятия решений.

Список литературы

1. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. Рига: Зинатне. 1990. 184 с.
2. Можаяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. Учебное пособие. СПб: ВИТУ. 2000. 145 с.
3. Громов В.Н., Сильников М.В., Печурин А.А., Пивоваров О.Г. Методика синтеза оптимального варианта модернизации системы технологического пожаротушения автодорожных тоннелей // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 9. С. 33–38.
4. Надежность и эффективность в технике. Справочник. Т.2. Математические методы в теории надежности и эффективности // Под ред. Б.В. Гнеденко. М.: Машиностроение. 1981. 224 с.
5. Надежность технических систем. Справочник // Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др. Под ред. И.А. Ушакова. М.: Радио и связь. 1985. 608 с.
6. Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербаков О.В. Основы теории надежности автоматических систем управления. Л.: Энергоатомиздат. 1984.
7. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем / М.: Энергоатомиздат. 1986. 32 с.
8. Надежность и эффективность в технике. Справочник. Т.2. Математические методы в теории надежности и эффективности // Под ред. Б.В. Гнеденко. М.: Машиностроение. 1981. 224 с.

ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Савельев Дмитрий Вячеславович – кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, dimon404@mail.ru

Скрипник Игорь Леонидович – кандидат 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., д. 149, ig.skripnick2011@yandex.ru

Воронин Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, wsw1@yandex.ru

Аннотация. В работе предлагается способ проверки технического состояния двигателя внутреннего сгорания по анализу параметров отработанного картерного масла. Рассмотрены диагностические параметры: коэффициенты технического состояния вкладышей подшипников коленчатого вала, цилиндропоршневой группы; температура вспышки; фоновый коэффициент износа; индикатор износа деталей клапанной группы газораспределительного механизма. Приводится их характеристика по степени влияния на работоспособность узлов двигателя. Подходы к построению диагностической модели двигателя могут быть использованы для разработки экспресс-методики определения технического состояния двигателя.

Ключевые слова: двигатель, масло, свинец, медь, форсунка, игла, зазор, поршень, вспышка.

QUESTIONS TO DETERMINE THE TECHNICAL CONDITION IN- TERNAL COMBUSTION ENGINE VEHICLE

Savelyev Dmitry V. – Candidate of Military Sciences, Associate Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, dimon404@mail.ru

Skripnik Igor L. – PhD, Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, g.skripnick2011@yandex.ru

Voronin Sergey V. – PhD, Associate Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, wsw1@yandex.ru

Abstract. The paper proposes a method for checking the technical condition of the internal combustion engine by analyzing the parameters of the spent crankcase oil. Considered diagnostic

parameters: the coefficients of technical condition of bearings of a crankshaft, cylinder group; flash; background rate of deterioration; the wear indicator parts, valve stem group camshaft. Given their characteristics in terms of impact on the performance of engine components. Approaches to the construction of a diagnostic model of the engine can be used to develop Express methods for determining the technical condition of the engine.

Keywords: engine, oil, lead, copper, nozzle, needle, clearance, piston, flash.

В настоящее время проблемы безопасности транспортных систем продолжают оставаться актуальными. С повышением количества, видов, типов, номенклатуры и разновидностей транспортных средств, внедрением в них новых физических принципов действий, технических решений [1], расширением сфер использования заставляет по новому посмотреть на вопросы технического состояния (работоспособности, исправности) [2].

Одним из основных элементов данных средств является двигатель внутреннего сгорания (ДВС), у которого результативным способом проверки его технического состояния является анализ параметров отработавшего картерного масла.

Достоинство данного метода заключается в: возможности быстрого нахождения неисправностей ДВС без его полного вскрытия; получении информации о замене отработанного или ухудшенных характеристиках масла; обнаружении отказов в ДВС вследствие увеличенного значения загрязненного масла и износа узлов (элементов) [3].

Для разработки методики диагностирования ДВС проводились исследования процесса старения элементов [4] в рабочем объеме масла на основе его эмиссионного спектрального анализа, с учётом условий эксплуатации автомобильной техники.

В результате теоретических исследований и проведённых экспериментов установлено, что в качестве диагностических параметров для проверки работоспособности ДВС могут выступать следующие показатели:

– коэффициент технического состояния вкладышей подшипников коленчатого вала k_1 , характеризующий отношение концентраций свинца K_{Pb} к меди K_{Cu} в объеме масла, определяемый как [5]:

$$k_1 = \frac{k_{Pb}}{k_{Cu}}, \quad (1)$$

– коэффициент технического состояния цилиндропоршневой группы k_2 , характеризующий отношение концентраций кремния K_{Si} к алюминию K_{Al} в объеме масла, который определяется:

$$k_2 = \frac{k_{Si}}{k_{Al}}, \quad (2)$$

– «температура вспышки», показывающая наличие в масле более лёгких топливных фракций, оцениваемая состоянием топливной системы и степени разжижения масла топливом [6];
– фоновый коэффициент износа, учитывающий увеличение концентрации железа в объеме масла, отражающий износ деталей механизмов и узлов. Применение данного показателя в качестве индикатора старения элементов не представляется возможным, вследствие его большого процентного содержания почти во всех деталях ДВС;
– индикатор износа деталей клапанной группы газораспределительного механизма (ГРМ) дизельного двигателя. Использование данного показателя обусловлено значительным процентным содержанием хрома (Cr) во впускном и выпускном клапанах ДВС.

Для установления вида зависимости диагностических характеристик от технического состояния узлов ДВС выполнены экспериментальные исследования, которые позволили собрать достаточный массив необходимой информации. На основе анализа опыта эксплуата-

ции, технического обслуживания и ремонта ДВС определены характеристики (этапы проведения однофакторных исследований), уровни и интервальные значения их изменения.

В результате проведенных исследований изменения диагностических параметров установлено, что:

1. При работе исправного ДВС значения диагностических параметров практически стабилизированы на протяжении всего периода испытания.

2. С увеличением количества неисправных форсунок происходит интенсивное разжижение работающего масла фракциями несгоревшего дизельного топлива, приводящее к понижению температуры вспышки масла. Повышенное изнашивание вкладышей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) говорит о незначительном увеличении концентрации свинца и меди, но при этом коэффициент $k_1 > 1$. Это подтверждает наличие во вкладышах рабочего диффузионного слоя. Значение коэффициента $k_2 < 1$ свидетельствует о повышенном изнашивании поршней ЦПГ ДВС, вследствие возрастания на них ударных нагрузок. Отмечается повышение концентрации железа, отражающее суммарный износ деталей механизмов и узлов ДВС.

3. Увеличение или уменьшение угла опережения впрыскивания топлива, одинаково влияют на изменение соотношений концентраций коэффициентов k_1 и k_2 . Неисправности системы питания топливом (СПТ) приводят к значительному снижению температуры вспышки работавшего масла и значений k_1 и k_2 , характеризующие фактическое техническое состояние деталей ДВС, лимитирующих его моторесурс [7].

4. С увеличением количества клапанов с разрегулированными тепловыми зазорами, значения коэффициентов k_1 и k_2 , изменяются в сторону уменьшения, происходит повышение концентрации хрома в работавшем масле, характеризующее о повышенном износе клапанов ГРМ. Температура вспышки работающего масла постепенно понижается, вследствие неполного сгорания дизельного топлива. Контроль технического состояния тепловых зазоров ГРМ ДВС осуществляется, значениями концентрации хрома в работавшем масле.

5. С увеличением концентрации кварцевой пыли в 1 м^3 воздуха, подаваемой во впускной тракт двигателя, минуя воздухоочиститель, в масле резко возрастает концентрация всех элементов, ввиду абразивного изнашивания деталей ДВС. Значения коэффициента k_1 уменьшается, что свидетельствует о повышенном изнашивании рабочего антифрикционного диффузионного слоя и может достоверно указывает на фактическое техническое состояние вкладышей подшипников КШМ двигателя. Коэффициент k_2 сначала изменяется в сторону резкого увеличения, вызванным лавинообразным ростом концентрации кремния, содержащимся в вводимой пыли, а затем это снижение объясняется приростом концентрации алюминия в результате абразивного изнашивания поршней.

6. Исследования комплексного влияния эксплуатационных факторов на изменение скорости поступления ПИ в работавшее масло были проведены с использованием двух факторов: угла опережения впрыскивания топлива и тепловых зазоров в ГРМ, как наиболее значимыми из рассмотренных. Анализ результатов экспериментов показал, что на скорость поступления ПИ в работавшее масло дизельного двигателя оказывают влияние оба фактора [8]. С увеличением значений факторов возрастает скорость износа деталей ДВС.

На основе проделанных исследований и обработанных статистических данных, получены уравнения регрессии, которые составляют основу диагностической модели дизельного двигателя. Результат проделанной работы показывает целесообразность последующих исследований по расчету коэффициентов технического состояния (k_1 , k_2) при работе исправного ДВС и оценки их влияния на:

- уменьшение значения приведения в действие иглы форсунки;
- угол опережения впрыскивания топлива;
- изменение тепловых зазоров в ГРМ;
- нарушение герметичности системы питания воздухом;
- эксплуатационные факторы, зависящие от скорости поступления продуктов старе-

ния в объем отработанного масла.

Список литературы

1. Рыбин О.А., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к методологии создания современных образцов пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2017. № 4. С. 133–137.
2. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Способ расчета показателя надежности образца пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2017. С. 215–218.
3. Андришкин А.Ю., Скрипник И.Л., Кадочникова Е.Н. Способ повышения безопасности использования корпусных деталей нефтеперерабатывающего оборудования // Научно-аналитический журнал. Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2017. № 2. С. 28–33.
4. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Анализ пожарной опасности технологических систем по показателям надежности // Научно-аналитический журнал. Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2017. № 3. С.33–37.
5. Казаков А.В., Калимуллин Р.Ф., Якунин Н.Н. Информационно-измерительная система оценки смазочного процесса в подшипниках двигателей внутреннего сгорания // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11(53). С.60–63.
6. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Сорокин А.Ю., Савенкова А.Е. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 2(19). С.98–109.
7. Марченко А.П., Парсаданов И.В., Савченко А.В., Карягин И.Н. Влияние параметров системы топливоподачи на индикаторные показатели дизеля при работе на водотопливной эмульсии // Научный электронный журнал. Двигатели внутреннего сгорания Национальный технический университет Харьковский политехнический институт. 2017. № 2. С.3–8.
8. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Пустовалов И.А. Разработка термостойкой полимерной композиции для тепловой защиты технологического оборудования // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2018. С.184–187.

УДК 621

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТ ХРАНЕНИЯ АВТОТОРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Моторыгин Юрий Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, fire-risk@mail.ru

Акимова Александра Борисовна – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, frodolline@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время, в динамично развивающемся мире, в частности, в крупных городах, встает вопрос проблемы парковок. В статье рассмотрена классификация автостоянок. Определены основные характеристики и особенности каждого типа автостоянки. Определены основные признаки, по которым автостоянки подразделяются на конкретные типы.

Ключевые слова: автостоянка, транспортное средство, тип, классификация.

CLASSIFICATION OF PLACES OF STORAGE OF MOTOR TRANSPORT TAKING INTO ACCOUNT FIRE SAFETY

Motorygin Yury D. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Criminalistics and Engineering Examinations

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, fire-risk@mail.ru

Akimova Alexandra B. – Associate Faculty of High Qualified Personnel Training

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, frodolline@yandex.ru

Abstract. Currently, there is a question of parking problems in the dynamically developing world, in large cities. There are the classification of parking lots in the article. The main characteristics and features of each type of parking have been determined. There is also determined the main features by which car parks are divided into specific types.

Keywords: parking, vehicle, type, classification.

С непредсказуемым ростом автомобильного парка в России, в Казахстане и в других странах бывшего СССР встала проблема по созданию безопасных мест хранения подвижного состава автомобильного транспорта (автостоянок). Сами автостоянки являются местом сосредоточения мощной пожарной нагрузки, к которой относятся автомобили. Современный автомобиль представляет собой передвижную концентрированную пожарную нагрузку, состоящую из ЛВЖ, ГЖ, электрических проводов с горючей изоляцией, пластмассы, ткани, полипропилена, резиновых изделий и так далее. Время горения транспортного средства среднего класса очень мало и обычно не превышает 30 минут [1, 2]. Поэтому время развития пожара связано со значениями показателей пожарной опасности веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку транспортного средства.

Учитывая, что на автостоянках концентрируется большое количество автомашин, разделённых небольшим промежутком, возникает цепная реакция горения. При этом выгорает несколько автомобилей принося существенный материальный ущерб. Возникновение пожаров на открытых автостоянках часто обусловлено не природными причинами, а техногенными и человеческими факторами. Известно, что пожарная обстановка и динамика развития горения зависят от следующих факторов:

- горючих свойств используемых на транспорте веществ и материалов;
- импульса воспламенения материалов;
- огнестойкости конструкций автомобиля;
- пожарной опасности при ремонтных работах;
- плотности размещения автомобилей на стоянке;
- метеоусловий, в частности, от силы и направления ветра.

Одним из критериев гибели материальных ценностей является сосредоточение автомобилей на малых площадях.

К настоящему времени существенная часть имеющейся материальной базы мест хранения автотранспорта была создана и в последний раз реконструировалась ещё в годы плано-

вой экономики. Поэтому к таким старым проблемам, как низкая фондооснащенность и фондовооруженность добавились высокая степень морального и физического износа, несоответствие характеристикам эксплуатируемых автомобилей и в конечном итоге серьезная пожарная опасность.

Однако в противовес старым автотранспортным предприятиям, в крупных городах России, Казахстана, Азербайджана и др., наблюдается сильный рост новых автохозяйств автостоянок, часто созданный с грубыми нарушениями правил пожарной безопасности. Это объясняется резким ростом числа автотранспорта и недостаточным контролем со стороны государственной противопожарной инспекции.

По выполняемым функциям все автопредприятия и организации подразделяются на автотранспортные, автообслуживающие и авторемонтные.

Проблема размещения автомобильного транспорта решается за счёт открытых площадных автостоянок, а также при помощи проектирования стоянок закрытого типа в зданиях различного назначения.

В настоящей работе предлагается факторы, влияющие на возникновение и развитие пожара на автостоянках систематизировать по степени их ожидаемости, то есть определённо устанавливаемой вероятности их проявления. На этой основе можно выделить несколько групп факторов, влияющих на развитие пожара (рис. 1):

- постоянно действующие факторы;
- периодически повторяющиеся факторы;
- случайные факторы, возникающие редко, и не имеющие на сегодняшний день оснований для полномасштабного мониторинга и для статистического анализа; анализируются экспертными оценками.

Такая систематизация факторов, влияющих на развитие пожара, позволяет соотнести выделенные группы с имеющимися основными методологическими подходами оценки риска возникновения пожароопасных ситуаций на автостоянках.

При этом риск – количественная характеристика опасности, определяемая частотой реализации опасностей и количественно выражается формулой:

$$R = n / N$$

где n – число случаев проявления опасностей; N – возможное число случаев проявления опасностей.

Риск обычно определяют на конкретный период времени. Повышение безопасности технических систем и снижение тем самым величины приемлемого риска экономическими методами ограничены. Большие финансовые средства, затрачиваемые на повышение безопасности технических систем, уменьшают количество средств, выделяемые на приобретение средств индивидуальной защиты, медицинское обслуживание, заработную плату и т.д. В этом случае социальной сфере производства может быть нанесен значительный ущерб. Величина приемлемого риска определяется в результате учета всех сфер – технической, технологической, социальной, и рассчитывается как результат оптимизации затрат на инвестиции в эти области. Величина приемлемого риска различна для отраслей производства, профессий, вида негативных факторов, которым он определяется.

В Постановлении Правительства РФ от 31 августа 1999 г. № 975 «Об утверждении правил отнесения отраслей экономики к классу профессионального риска» (в ред. Постановления Правительства РФ от 27.05.2000 № 415) установлены 14 классов профессионального риска. Наиболее опасными являются сланцевая промышленность, строительство шахт и добыча угля подземным способом. Здесь величина приемлемого риска гораздо выше, чем для других отраслей и профессий, где количество опасностей меньше и уровень вредных факторов ниже. Сейчас принято считать, что в условиях техногенных опасностей (технический риск) индивидуальный риск считается приемлемым, если его величина не превышает 10^{-6} .

Эта величина используется для оценки пожарной и радиационной безопасности. В нашей стране средняя величина реального риска на производстве составляет 10^{-4} , что значительно ниже величины приемлемого риска. Это говорит о том, что необходимо повышать безопасность на производстве.



Рисунок 1 – Факторы, влияющих на возникновение и развитие пожаров на объектах хранения автотранспорта

Различают также мотивированный (обоснованный) и немотивированный (необоснованный) риск. В случае производственных аварий, пожаров для спасения людей и материальных ценностей человеку приходится идти на риск, превышающий приемлемый. Это риск обоснованный, или мотивированный. В ряде случаев, например, при радиационной аварии, установлены величины мотивированного риска, превышающие приемлемый риск.

Здания, сооружения или специальные площадки, которые предназначены исключительно для хранения автотранспортных средств, называют стоянками для автомобилей. Здания, включающие в себя три группы помещений, называют гаражами для автомобилей. В данную группу помещений входят: автостоянка, производственные помещения и бытовые помещения. Автостоянки и гаражные помещения подразделяется на несколько типов в зависимости от признаков:

- в зависимости от характера ограждающих конструкций: открытые, закрытые;
- по отношению к расположению относительно поверхности земли: подземные, надземные;
- в зависимости от устройств перемещения автомобилей между этажами: механизированные, автоматизированные;
- внутренняя планировка хранения автомобилей: манежное, боксовое;
- периодичность хранения автомобилей: временное, постоянное, сезонное.

В зависимости от типа подвижного состава, климатических условий, предусматривается тот или иной тип стоянки, закрытый либо открытый. Важным фактором, является ана-

лиз экономических и технических расчётов отдельных способов хранения автомобильного транспорта.

Основная терминология по вопросу отдельных видов автостоянок представлена в СП 113.13330.2016 «Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99*». Однако единая классификация автостоянок отсутствует. Представленная выше классификация видов автостоянок закреплена в пособии о проектировании многоярусных гаражей-стоянок на стальном каркасе, созданном к своду правил 113.13330.2016.

Как отмечалось выше, парковочная зона внутри здания автостоянки может быть классифицирована на два типа: первый тип – это автостоянки открытого типа, а второй – автостоянки закрытого типа.

Моделирование особенностей пожарной нагрузки к возникновению и развитию горения на различных объектах транспорта является актуальной задачей [3]. Моделирование чрезвычайных ситуаций, связанных с возникновением и развитием горения в настоящее время производится с помощью математических детерминированных моделей. Основа расчётных методов, используемых в полевых моделях, лежит принцип разбиения пространства конечно-элементной сеткой. В зависимости от выбора параметров такого разбиения будет определяться время, точность и устойчивость расчетов [3].

При анализе чрезвычайных ситуаций пожар можно представить в виде триады: среда, объект и субъект (рис. 2) [4]. Субъект, в роли которого выступает источника зажигания, зависит от окружающей среды (окислителя). Горение объекта, аналога пожарной нагрузки, находится в зависимости от источника зажигания и оказывает влияние на окружающую среду.

Пожар относится к сложной динамической системе, обладающей следующими свойствами [4]:

- состоит из подсистем, которые в свою очередь являются сложными системами;
- является открытой системой, обменивающейся веществом и энергией с окружающей средой.

С точки зрения пожарных специалистов основным объектом является горючая нагрузка. Именно ее следует защитить при возникновении пожара.

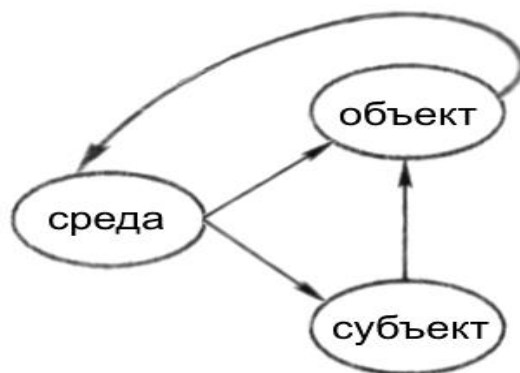


Рисунок 2 – Системное представление пожара

На пожарную нагрузку (материальный объект) в реальных условиях воздействуют возмущающие воздействия. Все эти воздействия практически учесть невозможно [4]. Для возникновения горения рассмотрим в качестве входного возмущения источник зажигания (рис. 2). Второе входное возмущение оказывает окружающая среда в виде окислителя. При определенных соотношениях такой динамической системы может возникнуть пожар.

В Международном строительном Кодексе, автостоянки открытого типа определяются внешней стороной конструкции, имеющей равномерно распределенные отверстия на двух или более сторонах. Площадь таких проемов должна составлять не менее 20 % от общей

площади стен каждого яруса. В Российской Федерации, в своде правил 113.13330.2016 Стоянки автомобилей, под наземной стоянкой автомобилей открытого типа, понимают стоянку, в которой не менее 50 % площади внешней поверхности наружных ограждений на каждом ярусе (этаже) составляют проемы, остальное – парапеты. Под наземной автостоянкой закрытого типа, понимают автостоянку с наружными ограждениями.

Стоянки с наружными стеновыми ограждениями называют автостоянками закрытого типа. В настоящее время автостоянки закрытого типа являются составной частью инфраструктуры крупных городов. Автостоянки закрытого типа могут быть как наземными, так и подземными, одноэтажными, многоэтажными.

Для проектирования каждого типа автостоянок предусмотрен ряд норм и правил, без учета которых автостоянки могут быть подвержены возгораниям в силу ряда факторов. Пожары транспортных средств на автостоянках являются относительно редкими пожарами в сравнении с другими видами пожаров. Несмотря на это, в зданиях автостоянок по всему миру происходят несколько значительных автомобильных пожаров, некоторые из которых заканчиваются смертельными исходами и могут быть катастрофическими как для людей, находящихся в самом здании парковки, так и для жителей соседних зданий.

На территорию автостоянок открытого типа всегда поступает воздух, существует угроза быстрого распространения огня по всей площади автостоянки. Автостоянки закрытого типа характеризуются ограниченным поступлением воздуха, вследствие чего происходит образование плотного дыма и выделение токсичных паров. Повышенная концентрация токсичных продуктов горения приводит к большому количеству человеческих жертв.

Для защиты от огня на территориях автостоянок как закрытого, так и открытого типов, применяются меры пожарной безопасности, с пассивным и активным контролем огня. Пассивный контроль огня включает в себя использование статистических методов, предназначенных для контроля над распространением огня и противостоянием последствиям пожара. Например, установка огнезащитных дверей.

Активный контроль включает в себя применение совокупности мероприятий, предупреждающих людей о наличии возгораний и мероприятий, контролирующих обстановку на территории автостоянок. Например, установка автоматических спринклеров и применение огнетушителей.

По отношению к расположению относительно поверхности земли автостоянки бывают подземные и наземные. Подземные автостоянки представляют собой помещения, предназначенные для хранения автомобилей, расположенные в подвальных, цокольных этажах. Подземные автостоянки являются отличным решением для хранения автомобилей, в первую очередь в крупных мегаполисах, а также в исторических районах города.

Подземные автостоянки обладают преимуществом по отношению к наземным, так как более безопасны с точки зрения хранения автомобилей. Они оснащены системами пожаротушения, системами вентиляционного обеспечения, резервными источниками питания, гидролокационными технологиями и др.

Согласно конструктивным решениям, подземные автостоянки могут иметь не более 5 подземных этажей. На территориях подземных автостоянок предусматриваются устройство противопожарных стен, если данные автостоянки пристроены к зданиям другого назначения.

Наземные автостоянки бывают как закрытого, так и открытого типов. Наземная автостоянка открытого типа, представляет собой огражденную открытую площадку, предназначенную для парковки автомобилей. Открытая наземная автостоянка не защищает автомобили от погодных условий, в отличие от автостоянок закрытого типа.

Закрытые наземные автостоянки представляют собой более усовершенствованный тип наземных автостоянок, оборудованных видеонаблюдением, охраной, необходимыми ограждениями. Закрытые наземные автостоянки могут быть многоуровневыми, они обеспечивают хранение максимального количества транспортных средств, на минимальной территории.

Площадь наземных автостоянок закрытого типа должны быть оснащена в первую очередь несколькими выездами наружу, для эвакуации транспортных средств, пожарным гидрантом для устранения возможных возгораний, огнетушителями, ограждениями из негорючих материалов, пожарным щитом.

В зависимости от устройств перемещения автомобилей между этажами, автостоянки бывают механизированными и автоматизированными.

Механизированные автостоянки представляют собой помещения, предназначенные для хранения автомобилей с транспортировкой транспортных средств в ячейки (места хранения автомобилей) при помощи механизированного устройства, без участия водителей. Механизированные автостоянки основаны на применении системы с подъемным механизмом. Подъемные механизмы представляют собой подъемные устройства, необходимые для организации дополнительных мест в условиях ограниченного пространства парковки.

Автоматизированные автостоянки основаны на применении полуавтоматических систем и автоматических систем. Полуавтоматические системы отличаются участием водителя в процессе парковки транспортного средства. Водитель заезжает в систему такого типа самостоятельно, после чего выходит из машины и уже управляет процессом парковки. Автоматические системы – это системы, управление которых осуществляется компьютерным механизмом. Водитель оставляет транспортное средство в приемном боксе, но не участвует в процессе парковки, процесс полностью автоматизирован.

В зависимости от внутренней планировки хранения транспортных средств, автостоянки бывают с манежным, боксовым хранением.

Манежное хранение автомобилей представляет собой хранение автомобилей в общем зале с выездом на общий внутренний проезд [1].

Боксовое хранение представляет собой, хранение автомобилей в отдельных боксах, выезд из которых осуществляется непосредственно наружу или на внутренний проезд. Организация боксового хранения транспортных средств, требует немалых затрат, в области закупки необходимых материалов для сооружения перегородок и ворот в боксах.

В зависимости от периодичности хранения автомобилей, выделяют автостоянки с временным, постоянным, сезонным хранением транспортных средств [2].

Потребность строительства временных стоянок имеется в городах, в частности в административных центрах, в зонах торговых, культурных учреждений, а также возле транспортных узлов и крупных жилых зданий. Временные автостоянки также устанавливаются на автомобильных дорогах, это обусловлено необходимостью отдыха водителей, а также осмотра транспортных средств, в случае преодоления больших расстояний. Временные парковки могут быть как закрытыми, так и открытыми.

Постоянные парковки бывают нескольких типов: муниципальные, частные и механизированные. Муниципальные парковки представляют собой хранение транспортных средств без охраны парковочной зоны. Частные автостоянки представляют собой, хранение транспортных средств с охраной территории автостоянки, а также установкой видеонаблюдения на территории. Механизированная парковка, представляет собой изолированное хранение транспортного средства в боксах, без доступа к ней посторонних лиц.

Конструкторские решения проектирования автостоянок, основаны на проработке дизайна сооружений. Дизайн сооружений необходим для учета всех основных характеристик обеспечивающих безопасное, комфортное нахождение в здании. Дизайн всех основных помещений здания должен включать в себя проведение необходимых мероприятий обеспечения пожарной безопасности. Основные требования, предъявляемые к проектированию зданий, включающие: проработку аспектов, касающихся комфортного нахождения в тех или иных помещениях. Важным фактором обеспечения пожарной безопасности в зданиях, является проработка сценариев развития пожара, выявление основных причин пожара и определение необходимых мероприятий, обеспечивающих безопасность здания.

Список литературы

1. СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99.
2. Расследование пожаров: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России. 2007. 562 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО. 2016. 124 с.
4. Моторыгин Ю.Д. Системный анализ моделей описания процессов возникновения и развития пожара: дис. д-ра техн. наук : 05.13.01 / СПб. 2011. 218 с.
5. Моторыгин Ю.Д., Косенко Д.В. Математическое моделирование развития горения автомобиля Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2014. № 2. С. 45–50.
6. Моторыгин Ю.Д., Галишев М.А. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2013. № 4(28). С. 59–64.

УДК 656.9, 51–74

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЖАРООПАСНЫХ РЕЖИМОВ В ЭЛЕКТРОСЕТИ АВТОМОБИЛЯ

Мухаммед Халил Абузала – профессор кафедры мехатроники, факультет технологического проектирования, Прикладной университет Аль-Балка

Иордания, abuzalata@yahoo.com

Моторыгин Юрий Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, fire-risk@mail.ru

Аннотация. Предложена математическая модель возникновения и развития больших переходных сопротивлений в электропроводке автомобильного транспорта. Аварийные режимы в электросети автомобиля, связанные с большими переходными сопротивлениями, являются наиболее опасными, так как защиты от их возникновения не существует, а процесс развития большого переходного сопротивления может привести к искрению, короткому замыканию и другим источникам зажигания. С помощью предложенной модели разработаны методики оценки вероятности возникновения аварийных режимов, связанных с большими переходными сопротивлениями, приводящие к возникновению пожара в легковом автомобиле, что позволит принять решение эксперту при формулировании выводов при производстве пожарно-технических экспертиз. Данные исследования достаточно актуальны для практики производства пожарно-технических экспертиз, поскольку могут оказать существенную помощь эксперту в установлении очага, причины и развития пожара.

Ключевые слова: расследование пожаров, математическое моделирование, электропроводка автомобильного транспорта, большие переходные сопротивления, конечные цепи Маркова.

STOCHASTIC MODEL OF FIRE-DANGEROUS MODES OF BEHAVIOR IN ELECTRICAL NETWORK OF THE CAR

Mohammed Khalil Abuzalata – professor of mechatronics engineering department, Faculty of Engineering technology, p.h.d. professor, Albalqa' Applied University
Jordan, abuzalata@yahoo.com
Motorygin Yu.D. – Dr. Tech. Sci. the professor
St.-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, fire-risk@mail.ru

***Abstract.** In this work the mathematical model of emergence and development of big transitional resistance in an electrical wiring of the motor transport is offered. The accidents modes in the car power supply networks connected with big transition resistances are the most dangerous, as protection against their emergence does not exist, and development of big transition resistance can lead to sparking, short circuit and other ignition sources. By means of the offered model the techniques of an assessment of probability of emergence of the emergency operation connected with big transitional resistance, which leading to emergence of the fire in the car, have been developed and that will allow the expert to make the decision at a formulation of conclusions by production of fire investigations. These researches are rather actual for practice of production of fire investigations as they can give essential help to the expert in establishment of the center, reason and development of the fire.*

***Keywords:** mathematical modeling; electrical wiring of the motor transport; big transitional resistance; final chains of Markov.*

Площадь Иордании насчитывает чуть больше 89 тыс. кв. км. Но автомобильный транспорт широко развит. Большинство местных жителей либо путешествуют на автомобилях, либо не путешествуют вообще. Однако немалая часть инфраструктуры Иордании ориентирована на туристов и паломников, в том числе и транспорт. Дороги здесь в хорошем состоянии. Движение в Иордании правостороннее, надписи на дорожных знаках продублированы на английском языке. В последнее время создаются условия для приобретения и использования электрических автомобилей.

Однако, как и в России, так и в Иордании возникают аварийные ситуации, приводящие к возникновению горения (пожару) автомобиля. Пожары транспортных средств можно разделить на две группы:

- пожары, связанные с техническими неисправностями и аварийными ситуациями;
- искусственно инициированные пожары (поджоги).

Проведенный анализ основных источников зажигания [1] показан на рисунке 1. Так в ходе исследований частоты отказов электронного оборудования в автомобиле, А. Хернер и Х. Ю. Риль [2] пришли к выводам, более 60 % неисправностей приходится на соединительную технику (контакты), 15 % на датчики, 10 % на электронику управления и 15 % на исполнительные органы. Объясняется это ручной работой при изготовлении жгутов проводов, то есть человеческий фактор. Кроме этого на аварийные режимы электросети автомобилей влияют климатические и погодные условия.

Для России характерно то, что постоянно продолжают эксплуатироваться автомобили, произведённые 10-20 лет назад. Электропроводка таких автомобилей имеет плохое состояние и часто является причиной пожара. Кроме того, даже новые автомобили, оборудуются дополнительной сигнализацией, мощным музыкальным и видео оборудованием, системами подогрева и вентиляции, дополнительными фарами, что может привести к большим переходным сопротивлениям и являться причиной пожара.

В докладе предложена модель оценки показателей надёжности контактных соединений электросети автомобиля с помощью конечных марковских цепей [3–5].

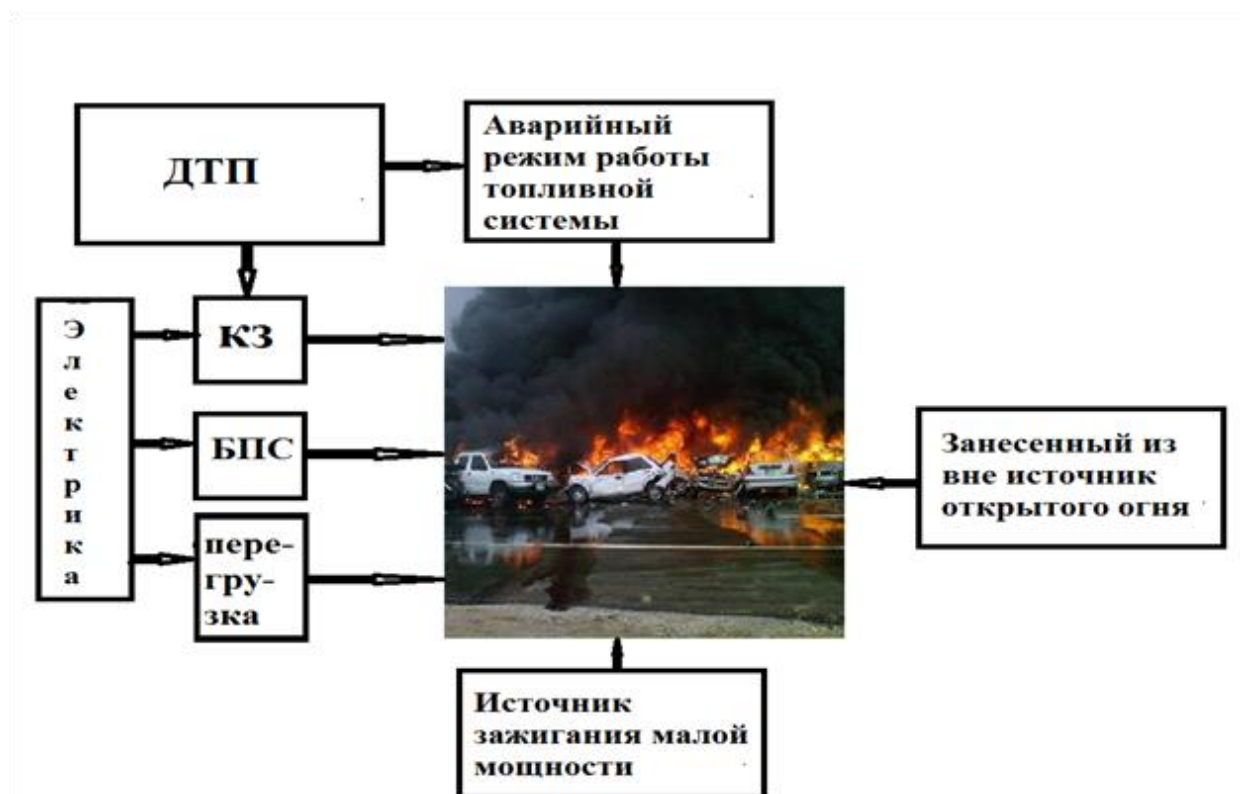


Рисунок 1 – Анализ источников зажигания автомобилей

Учитывая, что цепь Маркова представляет собой случайный процесс, который переходит из состояния в состояние в дискретные моменты времени, называемыми шагами и обозначаемые через $n=0, 1, 2, \dots$, с определенной вероятностью, так называемой вероятностью перехода. Число состояний конечно, а значение переходной вероятности полностью определяется тем, в каком состоянии находится процесс, то есть она является условной. Вероятности перехода образуют стохастическую матрицу P , номер строки i которой указывает из какого состояния происходит переход, а номер столбца j – в какое состояние попадает процесс в результате перехода. Все возможные пути процесса описываются степенями матрицы переходных вероятностей – P . Причём вероятность p_{ij} не зависит ни от состояния системы в предшествующие моменты времени (свойство марковости), ни от текущего времени (свойство однородности).

При анализе цепей Маркова удобным и наглядным является использование графов состояний [4–6]. Каждому состоянию соответствует круг с номером состояния. Если из состояния i в состояние j возможен одношаговый переход, то есть $p_{ij} \neq 0$ при $i \neq j$, то из состояния i в состояние j проводится дуга со стрелкой, рядом с которой указывается вероятность перехода p_{ij} . Вершина i называется существенной тогда и только тогда, когда для всех j , в которые возможен переход из i , возможно и возвращение. Вершина i несущественна тогда и только тогда, когда существует вершина j , в которую возможен переход из i , но невозможно возвращение.

На рисунке 4 показан граф состояний показателей надежности контактных соединений электросети автомобиля, соответствующий рисунки 2, 3.

Состояние 0 соответствует рабочему состоянию контактных соединений электросети автомобиля (рабочий контакт).

Состояние 1 – периодически возникающие БПС (попадание воды, вибрация, работа нештатного оборудования...).

Состояние 2 – случайное невосстанавливаемое воздействие, приводящее к разрушению контакта (ДТП, окисление, физическое воздействие...).

Состояние 3 – постоянное невосстанавливаемое воздействие (скрутка проводов, заводской брак, не качественный монтаж...).

Состояние 4 – возгорание изоляции в результате теплового воздействия от падения напряжения на контакте.

Состояние 5 – искрение, возникновение дуги и их воздействие на ЛВЖ, ГСМ.

Состояние 6 – выделение тепловой энергии в результате возникновения перегрузки или короткого замыкания.

Данной математической модели будет соответствовать следующая матрица перехода [2–6]:

$$P = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} & 0 & 0 & 0 \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & 0 & P_{14} & 0 & P_{16} \\ 0 & 0 & 0 & P_{23} & 0 & P_{25} & P_{26} \\ 0 & 0 & 0 & P_{33} & P_{34} & 0 & P_{36} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{66} \end{bmatrix}.$$

Состояния S_1 – S_6 принадлежат эргодическому множеству, в котором можно из любого состояния попасть в любое и из которого, попав в него, нельзя уйти [4, 6]. В данной модели используются поглощающие цепи Маркова – цепи, все эргодические состояния которых являются поглощающими, то есть состояния, попав в которые, нельзя из них выйти.

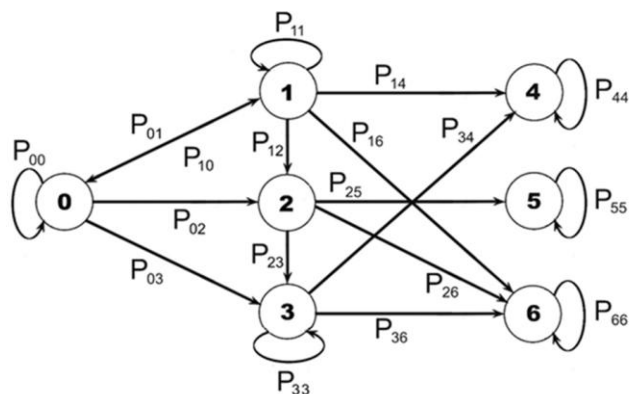


Рисунок 1 – Граф состояний показателей надежности контактных соединений электросети автомобиля

Известно, что в любой поглощающей конечной цепи Маркова, независимо от того, где начался процесс, вероятность после n шагов оказаться в невозвратном эргодическом состоянии стремится к 1 при $n \rightarrow \infty$. Под невозвратными состояниями в теории цепей Маркова следует понимать такое множество состояний, в котором можно из любого состояния попасть в любое и из которого можно выйти [4, 6].

Удобно придать матрице P несколько иной – канонический вид, объединив все эргодические состояния в одну группу и все невозвратные состояния – в другую группу. Тогда каноническая форма будет

$$P = \begin{pmatrix} S & M & 0 \\ L & L & L \\ R & M & Q \end{pmatrix},$$

или

$$P = \left[\begin{array}{ccc|cccc} P_{66} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{55} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{44} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline P_{36} & 0 & P_{34} & P_{33} & 0 & 0 & 0 \\ P_{26} & P_{25} & 0 & P_{23} & 0 & 0 & 0 \\ P_{16} & 0 & P_{14} & 0 & P_{12} & P_{11} & P_{10} \\ 0 & 0 & 0 & P_{03} & P_{02} & P_{01} & P_{00} \end{array} \right] N$$

Подматрица S размерности 3x3:

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

относится к процессу после достижения пожаром поглощающего состояния, подматрица 0 размерностью 4x3 представляет собой совокупность нулей, матрица R размерности 3x4 имеет следующий вид:

$$R = \begin{bmatrix} P_{36} & 0 & P_{34} \\ P_{26} & P_{25} & 0 \\ P_{16} & 0 & P_{14} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

и показывает вероятность переходов из невозвратных в эргодические состояния.

Подматрица Q размерности 4x4:

$$Q = \begin{bmatrix} P_{33} & 0 & 0 & 0 \\ P_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{12} & P_{11} & P_{10} \\ P_{03} & P_{02} & P_{01} & P_{00} \end{bmatrix}$$

описывает поведение процесса до выхода из множества невозвратных состояний [5, 6].

Поведение процесса развития аварийного режима в электросети автомобиля по временным периодам описывается возведением переходной матрицы в следующую степень. При возведении матрицы P во все более высокие степени все элементы подматриц Q стремятся к 0. Подматрица S=I, то есть представляет собой единичную матрицу. Из определения произведения матриц следует, что при возведении матрицы P в степень, подматрица I не меняется.

Из теории Марковских цепей следует, что среднее время, соответствующее каждому состоянию аварийного режима работы электропроводки автомобиля в каждом конкретном состоянии, всегда конечно, и при этом средние значения времени определяются фундамен-

тальной матрицей N . Каждый элемент матрицы соответствует среднему числу раз попадания системы в то или иное состояние до остановки процесса (поглощения). Матрица имеет вид:

$$N = (I - Q)^{-1}.$$

Дисперсия времени пребывания в том или ином состоянии, тех же случайных величин, определяется матрицей:

$$N_2 = (2N_{dg} - I) - N_{sq},$$

где N_{dg} – диагональная матрица, то есть матрица, полученная из N путем оставления в ней лишь диагональных элементов и замены остальных элементов нулями; N_{sq} – представляет собой матрицу, полученную из N путем возведения в квадрат каждого ее элемента.

Среднее время нахождения аварийного режима электропроводки автомобиля в одном из состояний будет определяться выражением:

$$\tau = N\xi,$$

где вектор-столбец, элементы которого будут единицы:

$$\xi_{<2>} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Марковская модель, включающая несколько поглощающих состояний, позволят рассчитать, в какое из поглощающих состояний цепь попадёт раньше (или позже); в каких из них процесс будет останавливаться чаще, а в каких – реже. Ведём величину B , которая будет характеризовать величину вероятности того, что процесс завершится в некотором поглощающем состоянии при условии, что начальным было состояние P . При этом множество состояний образует матрицу, строки которой соответствуют невозвратным состояниям, а столбцы – всем поглощающим состояниям:

$$B = NR.$$

Выводы

Предложена математическая модель оценки аварийных режимов работы электросети автомобилей, приводящих к возникновению пожара.

На основании проведенного анализа разработана математическая модель вероятности возникновения аварийных режимов, связанных с большими переходными сопротивлениями, приводящих к возникновению пожара в легковом автомобиле, что позволит принять оптимальное решение эксперту при формулировании выводов при производстве пожарно-технических экспертиз автотранспортных средств. Используя теорию конечных цепей Маркова можно разрешить следующие существенные задачи:

1. На конечном множестве вероятных состояний определить вероятностную величину перехода математической модели из состояния i в состояние j за n шагов, а именно, создать $(N \times N)$ – матрицу вероятностных переходов на шаге n :

$$P_n = (p_{ij})^n,$$

что поможет оценить вероятность возникновения аварийного режима в электропроводке автомобиля, выявить источник зажигания, послуживший причиной возникновению пожара, связанного с возникновением БПС в электросети автомобиля.

2. Найти N – вектор $\alpha_n = \alpha_1^{(n)}, \alpha_2^{(n)}, \dots, \alpha_N^{(n)}$ вероятностных состояний системы через n шагов, что позволяет оценить развитие пожара в автотранспортном средстве.

3. На конечном марковском множестве состояний определить вероятности перехода системы из состояния i в состояние j за n шагов, а также вероятности перехода системы из состояния i в состояние j не более чем за n шагов возникновения и развития аварийных ситуаций. Это позволяет рассчитать вероятность прекращения горения на определенных стадиях в каждой зоне горения.

Список литературы

1. Моторыгин Ю.Д. Процесс управления и принятия решения стохастическими методами в условиях чрезвычайных ситуаций / Ю.Д. Моторыгин, Н.М. Гречуха, И.О. Литовченко // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2016. № 4. С. 144–150.

2. Хернер А. Автомобильная электрика и электроника / А. Хернер, Х-Ю. Риль // М.: ООО Изд-во «За рулем». 2013. 624 с.

3. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: стат. сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. М.: ВНИИПО. 2012. 137 с.

4. Моторыгин Ю.Д. Модель возникновения и развития аварийных режимов в электросети автомобиля, приводящих к возникновению пожара / Ю.Д. Моторыгин, Д.В. Косенко, Р.Ш. Бибарсов // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в технике». 2015. № 4 (36). С. 82–85.

5. Моторыгин Ю.Д. Математическое моделирование развития горения автомобиля / Ю.Д. Моторыгин, Косенко Д.В. // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2014. № 2. С. 45–50.

6. Кемени Д., Снелл Д. Конечные цепи Маркова. М.: Наука. 1970. 271 с.

УДК 614.846.6

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЖАРНЫХ НАДСТРОЕК ОСНОВНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

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., д. 149, maxim0205@mail.ru

Шилов Александр Геннадьевич – адъюнкт кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, shilov@igprs.ru

Аннотация. В работе представлены некоторые подходы к комплексной оценке эффективности надстроек пожарных автомобилей с учетом всех влияющих на эту оценку параметров. Произведен анализ и выбор основных параметров, которые максимальным образом могут или влияют на получение оценки для рассматриваемого ПА, что необходимо для установления закономерностей, определяющих огнетушащую способность надстроек ПА.

Ключевые слова: пожарные автомобили, надстройки, оценка технических показателей, π -теорема, анализ размерности, огнетушащая способность.

EVALUATION OF THE TECHNICAL EFFECTIVENESS OF FIRE ADD-ONS TO THE MAIN FIRE VEHICLES

Shilov Alexander G. – post graduate student of the Department of fire, rescue equipment and automotive industry

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, shilov@igps.ru

Sytdykov Maxim R. – Ph.D., Head of the Department of fire, rescue equipment and automotive industry

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, maxim0205@mail.ru

Abstract. The paper presents some approaches to a comprehensive assessment of the effectiveness of fire truck superstructures, taking into account all the parameters affecting this assessment. The analysis and selection of the main parameters that can or influence the maximum to obtain an estimate for the considered PA, which is necessary to establish the laws that determine the fire-extinguishing ability of PA add-ons.

Keywords: fire trucks, superstructures, evaluation of technical indicators, π -theorem, dimension analysis, fire-extinguishing ability.

Номенклатура параметров основных пожарных автомобилей (ПА), представленная в [1], насчитывает свыше 40 единичных показателя, что не дает объективной оценки технической эффективности основных ПА [2].

Для решения этой проблемы в работе проведен анализ единичных параметров основных ПА и предпринят единый подход оценки их технической эффективности, основанный на известном методе анализа размерности [3].

Выборка основных технических параметров пожарных надстроек основных ПА, влияющих на процесс доставки огнетушащих веществ в очаг пожара, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень основных технических показателей пожарных надстроек основных ПА

№ п/п	Название технического показателя	Символ	Единицы измерения
1	Рабочее давление в системе	$P_{\text{п}}$	кг/(м·с ²)
2	Объем огнетушащего вещества (ОТВ) в пожарной надстройке	$V_{\text{отв}}$	м ³
3	Полная масса надстройки	M	кг
4	Масса вывозимого порошка	$M_{\text{п}}$	кг
5	Расход ОТВ через пожарные стволы	$Q_{\text{отв}}$	м ³ /с
6	Длина подачи ОТВ	$L_{\text{отв}}$	м
7	Время подачи ОТВ	τ	с
8	Мощность двигателя	N	(м ² ·кг)/с ³
9	Удельный расход топлива	D	с ² /м ²

В соответствии с π -теоремой [3], получены следующие уравнения:

$$1) \pi_1 = V_{\text{отв}} \cdot P^{\alpha_1} \cdot Q_{\text{отв}}^{\beta_1} \cdot \tau_{\text{отв}}^{\gamma_1} \quad (1)$$

$$2) \pi_2 = M \cdot P^{\alpha_2} \cdot Q_{\text{отв}}^{\beta_2} \cdot \tau_{\text{отв}}^{\gamma_2} \quad (2)$$

$$3) \pi_3 = M_{\text{п}} \cdot P^{\alpha_3} \cdot Q_{\text{отв}}^{\beta_3} \cdot \tau_{\text{отв}}^{\gamma_3} \quad (3)$$

$$4) \pi_4 = L_{\text{отв}} \cdot P^{\alpha_4} \cdot Q_{\text{отв}}^{\beta_4} \cdot \tau_{\text{отв}}^{\gamma_4} \quad (4)$$

$$5) \pi_5 = N \cdot P^{\alpha_5} \cdot Q_{\text{отв}}^{\beta_5} \cdot \tau_{\text{отв}}^{\gamma_5} \quad (5)$$

$$6) \pi_6 = D \cdot P^{\alpha_6} \cdot Q_{\text{отв}}^{\beta_6} \cdot \tau_{\text{отв}}^{\gamma_6} \quad (6)$$

В уравнениях (1-6) показатели степени являются величинами, определяющими степень влияния того или иного параметра на процесс подачи ОТВ.

Решение этих уравнений позволило получить следующие безразмерные комплексы:

$$\pi_1 = \frac{V_{\text{отв}}}{Q_{\text{отв}} \cdot \tau_{\text{отв}}}; \quad (7)$$

$$\pi_2 = \frac{M}{P \cdot Q_{\text{отв}}^{1/3} \cdot \tau_{\text{отв}}^{7/3}}; \quad (8)$$

$$\pi_3 = \frac{M_{\text{п}}}{P \cdot Q_{\text{отв}}^{1/3} \cdot \tau_{\text{отв}}^{7/3}}; \quad (9)$$

$$\pi_4 = \frac{L_{\text{отв}}}{Q_{\text{отв}}^{1/3} \cdot \tau_{\text{отв}}^{1/3}}; \quad (10)$$

$$\pi_5 = \frac{N}{P \cdot Q_{\text{отв}}}; \quad (11)$$

$$\pi_6 = \frac{D \cdot Q_{\text{отв}}^{2/3}}{\tau_{\text{отв}}^{4/3}}; \quad (12)$$

Сообразуясь с физической сущностью протекающего процесса и возможностями метода по образованию вторичных комплексов, образованы комплексы π_7 , π_8 и π_9 :

$$\pi_7 = \frac{\pi_3}{\pi_2} = \frac{M_{\text{п}}}{M}; \quad (13)$$

$$\pi_8 = \frac{\pi_5}{\pi_1} = \frac{N \cdot \tau_{\text{отв}}}{P \cdot V_{\text{отв}}}; \quad (14)$$

$$\pi_9 = \frac{\pi_6}{\pi_4} = \frac{D \cdot Q_{\text{отв}}}{\tau_{\text{отв}} \cdot L_{\text{отв}}}; \quad (15)$$

Физическая сущность безразмерных комплексных показателей протекающего процесса подачи ОТВ из пожарных надстроек основных ПА представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Физическая сущность безразмерных комплексных показателей

№ п/п	Комплексный показатель	Физическая сущность комплексного показателя
1	$\pi_7 = \frac{M_{\text{п}}}{M}$	Удельная масса вывозимого порошка
2	$\pi_8 = \frac{N \cdot \tau_{\text{ОТВ}}}{P \cdot V_{\text{ОТВ}}}$	Удельная энергия подачи ОТВ, характеризующая отношение энергии по вытеснению и доставке ОТВ в очаг пожара к затраченной потенциальной энергии ОТВ
3	$\pi_9 = \frac{D \cdot Q_{\text{ОТВ}}}{\tau_{\text{ОТВ}} \cdot L_{\text{ОТВ}}}$	Удельный расход ОТВ

Дополнительно к физической сущности комплексных показателей, представленной в таблице 2, следует отметить другие результаты выполненного анализа:

$N \cdot \tau_{\text{ОТВ}}$ – характеризует кинетическую энергию движущейся массы ОТВ в очаг пожара, [Вт·с] = Дж;

$P \cdot V_{\text{ОТВ}}$ – характеризует потенциальную энергию ОТВ, находящегося в пожарной надстройке, [Па·м³] = Дж.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что безразмерный комплексный показатель π_8 является коэффициентом полезного действия пожарной надстройки основного ПА [4].

Следовательно, сравнительная оценка технической эффективности пожарных надстроек основных ПА может быть методически упрощена и сведена к сравнению величин коэффициентов полезного действия этих надстроек. Минимальная сумма потерь энергии является критерием технической эффективности, который позволяет определить пути совершенствования пожарных надстроек основных ПА типовой конструкции и универсальных пожарных надстроек контейнерного типа [5].

Список литературы

1. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Номенклатура показателей: ГОСТ Р 53248–2009 // Электронная база данных документов по пожарной безопасности (ЭБД НСИС ПБ) 2017. № 2 (61).
2. Информационно-статистический анализ особенностей развития мобильных средств порошкового пожаротушения / Поляков А.С., Крылов Д.А., Сытдыков М.Р. // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 6. С. 9–47.
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1967.
4. Оценка совершенства пневматического тракта порошковых огнетушителей на основе метода анализа размерностей / Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 4. С. 51–54.
5. Автомобильная универсальная установка пожаротушения: конструкция и моделирование режимов функционирования / Поляков А.С., Крылов Д.А., Сытдыков М.Р. // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 2 (38). С. 56–63.
6. Оценка влияния характеристик вытесняющего газа на эффективность конструкции модулей порошкового тушения / Маркова Н.Б., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 1 (33). С. 46–52.
7. Единый показатель огнетушащей способности переносных порошковых огнетушителей / Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 7. С. 74–79.

8. Моделирование работы модуля приема, хранения, транспортирования и выдачи огнетушащих веществ универсальной установки пожаротушения / Крылов Д.А., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 1 (21). С. 37–43.

УДК 629.33(075.8)

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ КАБИН АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

***Афанасьев Александр Сергеевич** – кандидат военных наук, профессор, заведующий кафедрой транспортно-технологических процессов и машин*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет

199106, Россия, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2, a.s.afanasev@mail.ru

***Хакимов Равиль Тагирович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобиля, тракторы и технический сервис*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2, haki7@mail.ru

***Печурин Александр Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, pechurinas@mail.ru

Аннотация. В результате проведенных температурно-динамических испытаний разработана методика, получены экспериментальные данные и зависимости, характеризующие эффективность работы системы кондиционирования и применения теплоизоляционных материалов в конструкциях автотранспортных кабин.

Ключевые слова: кабина, температурно-динамические испытания, климатическая камера, автомобиль, теплоизоляция, система кондиционирования воздуха, тепловой баланс.

METHODS OF TEST CABS OF VEHICLES IN LABORATORY CONDITIONS

Afanasyev Alexander S. – Candidate of Military Sciences, Head of the Department of transport and technological processes and machines

Saint-Petersburg Mining University

21st line, 2, Vasilevsky Ostrov, St. Petersburg, 199106, Russian Federation, a.s.afanasev@mail.ru

Hakimov Ravil T. – Ph.D., associate Professor of cars and tractors and technical service

Saint-Petersburg State Agrarian University

Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russian Federation, haki7@mail.ru

Pechurin Alexander Al. – Ph.D., docent Department of fire emergency- rescue equipment and car economy

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, pechurinas@mail.ru

Abstract. As a result of temperature and dynamic testing the technique, the experimental data obtained and dependence, characterizing efficiency of air conditioning systems and use of thermal insulation materials.

Keywords: cabin temperature-dynamic test, climatic chamber, car, insulation, air conditioning system, heat balance.

Для испытаний автотранспортных кабин при значительных геометрических размерах автотранспортной техники при проведении температурно-динамических испытаний требуются климатические камеры с большими производственными площадями и размерами, сложной системы отвода и притока воздуха, наличием других устройств. Более рациональным представляется создание лабораторной установки по испытанию свойств кабин по применяемым теплоизоляционным материалам и устройствам систем кондиционирования воздуха.

При разработке лабораторной установки для температурно-динамических испытаний была взята модель теплового баланса кабины автотранспортной техники, представленная в [1], схема лабораторной установки для исследования кабин автотранспортной техники показана на рисунке 1.

Выбранная методика исследований основывается на следующих принципах [1, 2]:

- устанавливается заданная температура воздуха вокруг кабины;
- устанавливается режим: инсоляция включена или отключена;
- калорифер включен или отключен (имитация двигателя), если включен, то устанавливается определенный расход воздуха по скоростному напору.

В ходе испытаний проводился замер и запись всех измеряемых параметров, включалась система кондиционирования воздуха (СКВ) и с определенными интервалами (не менее 10 минут), записывались измеряемые параметры до установившегося режима. Один режим проходит в течение двух – четырех часов. Полученные результаты обрабатывались по методике раздела 2 [3].

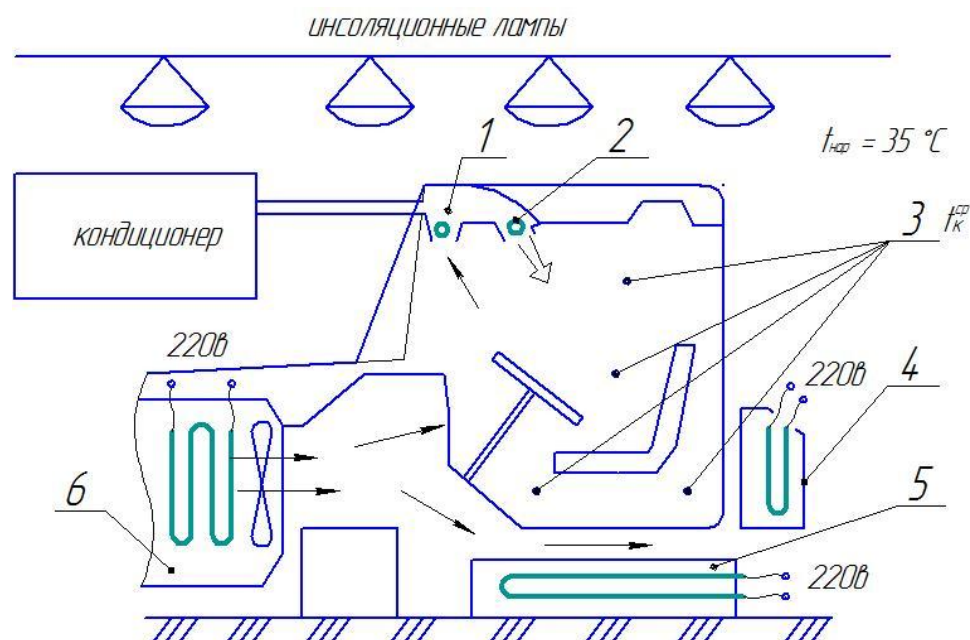


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки для измерения тепловой нагрузки на кондиционер: 1 и 2 – датчики температуры на входе и выходе из кондиционера; 3 – датчики температуры по объему кабины; 4 – нагреватель масла гидравлической системы; 5 – подогреватель, имитирующий тепловой поток от трансмиссии; 6 – калорифер, имитирующий поток подкапотного воздуха

Исследования теплового баланса кабин автотранспортной техники проводились на разных режимах работы двигателя, оказывающих существенное влияние на экологические параметры отработавших газов (ОГ) и на климатические условия в кабине [4]. Так как в стояночном положении транспортного средства (ТС) при работе на холостых и средних оборотах двигателя загазованность вокруг кабины может существенно ухудшить климатические условия [5, 6]. На рисунках 2–5 графически представлены изменения средних температур внутренних и наружных ограждений кабины.

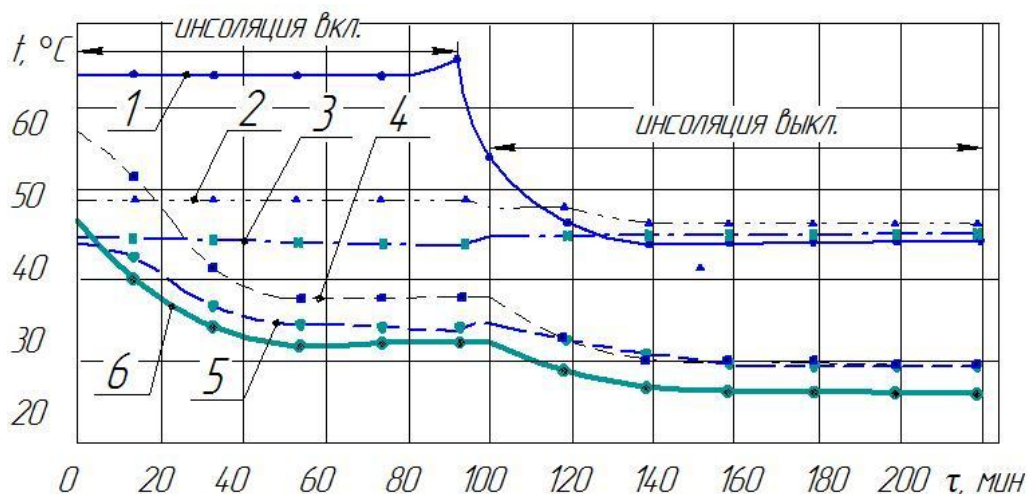


Рисунок 2 – Характер изменения температур при воздействии прямой инсоляции и последующим ее отключением. Транспортное средство стоит на месте, двигатель не работает, $t_{окр}^{cp} = 45,7$ °C [2]: 1 – крыша кабины; 2 – передняя наружная стенка (подкапотная часть); 3 – днище кабины (наружная часть); 4 – потолок кабины; 5 – передняя стенка кабины (внутренняя часть); 6 – воздух кабины

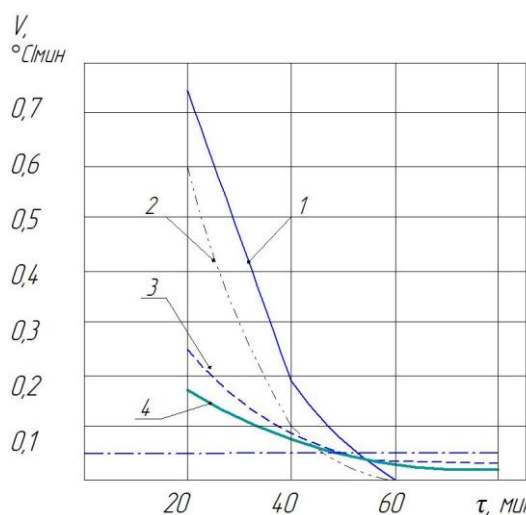


Рисунок 3 – Средние скорости изменения температур: 1, 2 – соответственно потолка и воздуха кабины при включенной инсоляции; 3, 4 – соответственно потолка и воздуха при отключенной инсоляции

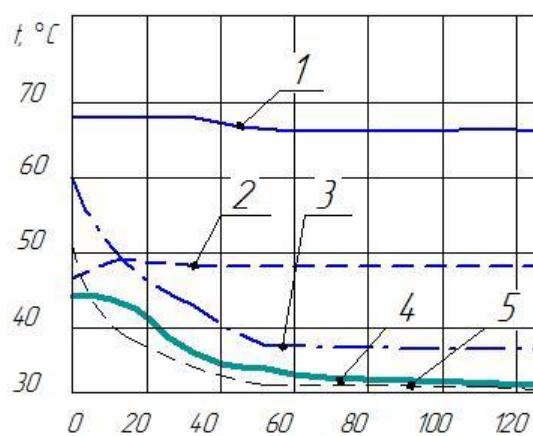


Рисунок 4 – Характер изменения температур при неподвижном транспортном средстве $t_{окр} = 48,5$ °C: 1 – наружной поверхности крыши; 2 – воздуха окружающего кабину; 3 – поверхности потолка; 4 – воздуха в кабине; 5 – пола кабины [4]

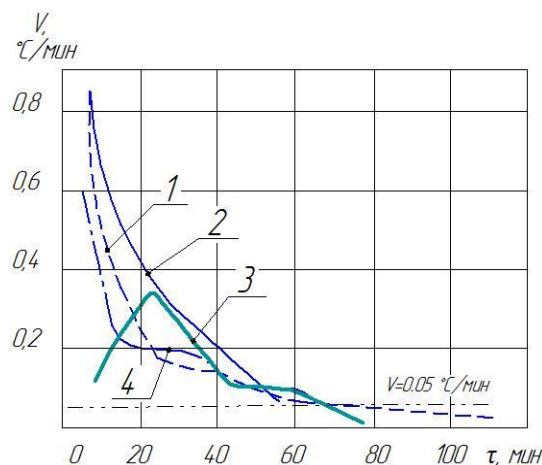


Рисунок 5 – Зависимость средней скорости изменения температуры в кабине: 1 – воздуха в кабине; 2 – потолка; 3 – пола кабины; 4 – воздуха кабины без инсоляции

Анализ характера кривых показывает, что стабилизация температур воздуха в кабине и панелей достигается, но при заданной мощности СКВ время стабилизации достигает 60 и более минут. Характер изменения средней скорости воздуха кабины и ряда панелей по временным интервалам в 15–20 минут представлен на рисунках 3 и 5.

В таблице 1 представлены полученные значения температур при работе двигателя в подкапотном пространстве, на передней стенке, на задней и т.д. Принятые обозначения установившейся температуры следующие: $t_{окр}^{cp}$ – средневзвешенная воздуха, окружающего кабину; $t_{Lкаб}$ – воздуха в кабине; $t_{подкап}$ – воздуха в подкапотном пространстве около кабины; $t_{пер.ст}^{нар}$ – передней стенки ограниченной подкапотным пространством; $t_{поле}^{нар}$ – наружной части пола; $t_{крыши}^{нар}$ – наружной части крыши; $t_{зад.ст.}^{нар}$ – наружная часть задней стенки, закрытая баком гидросистемы.

Таблица 1 – Температуры (в °C) элементов кабины при работе транспортного средства в климатической камере (температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения 85–90°C)

$t_{окр}^{cp}$ °C	$t_{Lкаб}$ °C	$t_{подкап}$ °C	$t_{пер.ст}^{нар}$ °C	$t_{поле}^{нар}$ °C	$t_{крыши}^{нар}$ °C	$t_{зад.ст}^{нар}$ °C	Условия опыта
44,5	32,5	71	67	64	47,5	68	Окна тепло-изол. $n=1500 \text{ мин}^{-1}$
46,5	42	68,5	68	60	59	71,5	СКВ отклю-чена
46,9	28,3	68,5	64,5	63	40,5	54,5	Окна тепло-изол. $n=1500 \text{ мин}^{-1}$
48,5	28,7	68	64	61	34	63,5	Крыши тепло-изол.
49,3	28,35	63	-	60	40	63,5	– " –
50	36,5	70	68	61	47,2	62,5	$n=1500 \text{ мин}^{-1}$
51,5	37,5	71	67	60	52	66	– " –
51,8	36,5	78,5	75,5	68,5	56	75,5	Окна тепло-изол. $n_e = \max$
55	38,5	70	68	63	54	70	$n=1500 \text{ мин}^{-1}$

Эти данные были использованы для имитации тепловых нагрузок, также будут необходимы при дальнейших исследованиях теплозащитных качеств кабины автомобиля и ее теплового баланса.

В таблицах 2 и 3 представлены результаты исследования теплового баланса кабины автотранспортной техники при различных температурах окружающего воздуха, а также влияние теплоизоляции панелей (крыши и окон) на составляющие теплового баланса. При этом получены коэффициенты теплопередачи кабины в целом для разных условий.

В таблицах 1–4 систематизированы основные факторы, влияющие на тепловую нагрузку кабины. В статье [8] показаны сравнения результатов экспериментальных данных (табл. 1–4) с результатами аналогичных исследований, выполненных другими авторами [7, 10], показывающие, что результаты выполненных температурно-динамических испытаний автотранспортных кабин находятся в близком соответствии с данными указных источников.

В таблице 4 выполнен анализ теплопритоков при условии, что в соответствии с ГОСТ 12.2.019-86, температура в кабине $t_{каб} = 28^{\circ}\text{C}$, а температура окружающей среды $t_{окр} = 51\text{--}52^{\circ}\text{C}$, т.е. при температурном напоре $\Delta t = 23,9^{\circ}\text{C}$ [10]. Из табл. следует, что при исследованиях теплового баланса кабин наибольшее влияние оказывает инсоляция, особенно проникающая через прозрачные панели кабины, а также интенсивно нагревающая крышу (потолок) кабины (рис. 2 и 4).

Таблица 2 – Результаты эксперимента при закрытых теплоизоляционным материалом окнах и крыше кабины транспортного средства

№ эксперимента	Q, Вт	K, Вт/м ² °C	t ^{ср} _{окр} , °C	t ^L _{каб} , °C	Δt', °C	Δt _{скаб}	Примеч.
Условия	Двигатель не работает; инсоляция включена; окна закрыты теплоизоляцией						
1	1355	6,0	48,5	31,6	16,95	8,38	-
Условия	Двигатель не работает; инсоляция отключена; окна закрыты теплоизоляцией						
2	985	3,64	45	24,67	20,33	6,02	-
3	1043	3,83	46	25,55	20,45	6,4	-
4	1124	3,79	30,9	8,62	22,25	6,33	-
Среднее значение	-	3,75	-	-	-	-	-
Условия	Двигатель работает; инсоляция отключена; окна закрыты теплоизоляцией						
5	1720	6,5	46,9	28,2	18,7	10,31	-
Условия	Двигатель работает; инсоляция отключена; окна, крыша закрыты теплоизоляцией						
6	1367	4,91	49,25	28,35	20,9	8,2	-
7	1425	5,4	48,5	28,7	19,8	8,7	-
Среднее значение	-	5,2	-	-	-	-	-
Условия	Двигатель не работает; инсоляция отключена; окна, крыша закрыты						
8	988	3,42	43,5	21,8	21,7	5,95	-

Таблица 3 – Результаты эксперимента при отсутствии теплоизоляционных материалов на окнах и крыше

№ эксперимента	Q, Вт	K, Вт/м ² °C	t ^{сп} _{окр} , °C	t ^L _{каб} , °C	Δt', °C	Δt _{скв}	Примеч.
Условия	Двигатель работает; инсоляция отключена						
8	1298	7,11	50,7	37	13,7	8,2	-
9	1394	7,48	51,8	37,5	14,3	8,8	-
10	1354	7,26	50,5	36,5	14	8,46	-
Среднее значение	-	7,28	-	-	-	-	-
Условия	Двигатель не работает; инсоляция отключена						
11	1282	5,18	44,5	25,9	18,6	7,8	-
12	1198	4,85	36,6	18	18,56	7,0	-
Среднее значение	-	5,02	-	-	-	-	-
Условия	Двигатель не работает; инсоляция включена						
13	1707	10,7	45,7	33,7	12	10,5	-
14	1822	9,12	48,5	33,56	15	11,3	-
Среднее значение	-	9,91	-	-	-	-	-

Таблица 4 – Приведенные значения отводимого тепла по осредненным значениям экспериментальных данных

№ эксперимента по которым проведено осреднение	Q, Вт	t _{каб} , °C	t _{окр} , °C	Δt', °C	Среднее значение K, Вт/м ² °C
Условия	Двигатель работает; инсоляция отключена				
8, 9, 10	2318	28	51	23,9	7,28
Условия	Двигатель не работает; инсоляция отключена				
11, 12	1598	28	51,9	23,9	5,02
Условия	Двигатель не работает; инсоляция включена				
13, 14	3154	28	51,9	23,9	9,91
Условия	Двигатель не работает; инсоляция включена; окна закрыты теплоизоляцией				
1	1910	28	51,9	23,9	6
Условия	Двигатель не работает; инсоляция отключена; окна закрыты теплоизоляцией				
2, 3, 4	1194	28	51,9	23,9	3,75
Условия	Двигатель работает; инсоляция отключена; окна закрыты теплоизоляцией				
5	2069	28	51,9	23,9	6,5
Условия	Двигатель работает; инсоляция отключена; окна, крыша закрыты				
6, 7	1655	28	51,9	23,9	5,2
Условия	Двигатель не работает; инсоляция отключена; окна, крыша закрыты				
8	1088	28	51,9	23,9	3,42

Выводы по результатам температурно-динамических испытаний кабин в лабораторных условиях:

1. Представленная в работе методика температурно-динамических испытаний кабин автотранспортной техники в лабораторных условиях представляет достаточно полную и адекватную имитацию воздействия на кабину окружающей среды.

2. В ходе исследований теплового баланса кабины автотранспортной техники уста-

новлено влияние инсоляции на микроклимат в кабине как основного фактора, значительно влияющей при проникновении через прозрачные панели (стекла).

3. По результатам исследований табл. 2, 3, 4 прослеживается тренд усредненных температур кабины и окружающей среды ($t_{окр}$, $t_{каб}$) при измененных показателях инсоляции, которые влияют на микроклимат внутренней среды кабины, а также наблюдается комплексное изменение коэффициентов теплопередачи (K) при влиянии температурного поля исходящего от двигателя и инсоляционной батареи, как имитирующего фактора окружающей среды.

Список литературы

1. Бурков В.В., Горбунов М.С. и др. Эксплуатация и техническое обслуживание трактора К-700. – Л.: Россельхозиздат. 1969. 160 с.
2. Дзюба Е.Ю., Хакимов Р.Т. Анализ средств оценки конструкции и работ по алюминиевым радиаторам, проводимых в лаборатории «ОНИЛТА». Известия Международной академии аграрного образования. 2015. Т.1. № 25. С. 99–101.
3. Михайлов М.В., Гусев С.В. Микроклимат в кабинах мобильных машин. М., Машиностроение. 1977. 23 с.
4. Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т., Загорский С.М. Обоснование режимов оценки экологической безопасности дизелей автомобильной техники. Вестник Таджикского технического университета. 2015. № 3(31). С. 225–228.
5. Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т., Загорский С.М. Влияние режимов использования дизеля на дымность отработавших газов. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 2(28). С. 56–58.
6. Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т., Загорский С.М. Изменение дымности отработавших газов дизеля КамАЗ-740 в зависимости от режимов работы в жарких условиях. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2013. № 4(26). С. 16–19.
7. Фучкин С.В., Алексеевский Д.А., Соколов М.Г., Хакимов Р.Т. Экономические, экологические и прочностные характеристики ДВС при работе на природном газе. В сборнике: Экологическая безопасность автотранспортного комплекса: передовой опыт России и стран Европейского Союза Труды III Международной научно-практической конференции. 2005. С. 127–131.
8. Хакимов Р.Т. Стендовые гидродинамические исследования моделей роторных алюминиевых радиаторов. Известия Международной академии аграрного образования. 2016. № 26. С. 24–27.

УДК 629.113

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПЕРЕД СТОЛКНОВЕНИЕМ ПО ОСТАТОЧНЫМ ДЕФОРМАЦИЯМ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

Ксенофонтова Виктория Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры Автомобильный транспорт Политехнического института

Аблаев Ремзи Рустемович – старший преподаватель кафедры Экономики предприятия Института финансов, экономики и управления

Кияшко Лариса Александровна – старший преподаватель кафедры Автомобильный транспорт Политехнического института

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет

299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33, vaksenofontova.v@gmail.com

Аннотация. Проанализированы методики, используемые при проведении экспертизы ДТП, указаны их недостатки. Разработанная авторами методика позволяет определить скорость движения транспортного средства как с учетом затрат кинетической энергии на деформацию элементов и деталей автомобиля, так и с учетом затрат кинетической энергии на перемещение транспортных средств после происшествия. Изучение деформаций и учет их прочностных характеристик позволяет с высокой точностью определить скорость движения автомобиля в момент столкновения.

Указаны приоритетные направления дальнейших исследований, направленные на поиск такого уровня упрощений методики, которые не приведут к значительным погрешностям.

Ключевые слова. Скорость транспортного средства, пластическая деформация кузова, энергия упругого деформирования.

TECHNIQUE FOR DETERMINING THE AUTOMOBILE SPEED BEFORE COLLISION ACCORDING TO THE PERMANENT DEFORMATIONS OF CONSTRUCTION ELEMENTS

Ksenofontova Viktoriya Anatolyevna – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Automobile Transport, Polytechnic Institute

Ablaev Remzi Rustemovich – Senior lecturer, Department of Enterprise Economy, Institute of Finance, Economics and Management

Kiyashko Larisa Aleksandrovna – Senior lecturer, Department of Automobile Transport, Polytechnic Institute

Sevastopol State University

33 Universitetskaya Street, Sevastopol, 299053 Russia, vaksenofontova.v@gmail.com

Abstract. The techniques used in the traffic accident examination are analyzed and their disadvantages are specified. The technique developed by the authors allows to determine the speed of a vehicle considering the kinetic energy expenditure both on the deformation of automobile elements and parts and on the vehicle displacement after the traffic accident. The study of deformations with the consideration of their strength characteristics allows to determine the speed of an automobile at the moment of collision with high precision. The priority directions for further research aimed at finding such a technique simplification level that will not lead to significant errors are indicated.

Keywords: Vehicle speed, plastic deformation of a body, elastic deformation energy.

Рост парка автомобильного транспорта в последние годы привёл к значительному повышению количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП). При этом темп роста происшествий с тяжёлыми последствиями опережает общий темп роста ДТП. Это в первую очередь связано с повышением средней скорости движения автомобилей исходя из совершенствования их технических характеристик. В связи с этим, вопрос определения фактической скорости движения транспортных средств непосредственно в момент столкновения, а также перед столкновением является одной из самых актуальных задач, требующих решений в рамках судебных автотехнических экспертиз, для объективного определения технической состоятельности показаний участников и свидетелей происшествия относительно механизма ДТП, а также для выявления органами следствия истинного виновника происшествия.

Существующие методики, которые используют при проведении экспертизы ДТП, имеют ряд существенных недостатков. В частности, в большинстве случаев, скорость автомобиля до ДТП определяется по тормозному пути. При отсутствии следовой информации с помощью этой методики произвести экспертизу ДТП не представляется возможным. Также

существуют и иные методы определения скорости движения [1, 2]. К таковым относят использование технических устройств транспортного средства, а именно блока управления системы пассивной безопасности (SRS), навигационных систем и видеорегистраторов, оснащённых GPS-модулем. Однако, как показывает практика, использование навигационных систем и видеорегистраторов, оснащённых GPS-модулем, имеют погрешности, которые судебный эксперт не имеет возможности установить при производстве экспертизы. Кроме того, зачастую участники происшествия, с целью сокрытия объективных параметров движения транспортных средств, скрывают или уничтожают карту памяти таких устройств, что исключает техническую возможность использовать эти средства при производстве экспертизы. Одним из перспективных направлений является использование данных, записанных в блоке управления системы пассивной безопасности, однако к сожалению, большинство транспортных средств, использующихся на территории Российской Федерации, такие системы не содержат.

Импульсные методы исследования [3], представленные в виде программных продуктов PC Crash и Carat, позволяют производить реконструкцию механизма происшествия. Однако и они имеют свои недостатки. Без проведенной конкретной привязки конечных положений транспортных средств на проезжей части после происшествия и отсутствия фиксации следовой информации на схеме места происшествия в виду низкого уровня освоения необходимых компетенций лицами, заполняющими первичные документы по факту происшествия, исключается возможность использования импульсных методов для определения скорости движения транспортных средств. При этом предложенная методика по остаточным деформациям позволяет рассчитать минимальное значение скорости движения транспортных средств в момент столкновения, что в некоторых случаях, позволяет устранить противоречия в показаниях участников и свидетелей происшествия.

Для практической реализации разработанной методики проводится анализ деформированных поверхностей транспортных средств, конструкции которых представляются набором упруго-пластически деформированных элементов и узлов, допускающих большие остаточные деформации, а также разрывы и разрушения отдельных элементов.

Основу разработанной методики составляют трансформация геометрических образов и основной закон механики – закон сохранения энергии. Если в крэш-тесте решается прямая задача механики, то в разработанной методике решается обратная задача – определение по результатам действия причин, его вызвавших [4].

Конструкция кузова современного легкового автомобиля весьма информативна с точки зрения теории взаимодействия деформируемости тел, т.к. состоит из пластичных материалов в силу применяемых сегодня технологий изготовления элементов конструкции: используется в основном штамповка.

Основная гипотеза разработанной методики состоит в том, что кинетическая энергия движущихся масс транспортных средств расходуется на совершение работы трения, упругой пластической деформации, сопровождающейся выделением тепла, и на хрупкое разрушение пластичных элементов конструкции [5].

Если работа трения объекта о поверхность дорожного покрытия идентифицируется результатами комплексной автотехнической и трасологической экспертизы, то на определение остальных составляющих направлена данная методика.

Общеизвестно, что значительная часть кинетической энергии затрачивается на пластическую деформацию деталей и элементов конструкции транспортного средства. Для того, чтобы определить эту работу, необходимо воспользоваться следующими теоремами и принципами теории пластичности:

- теоремой Генки о независимости энергии пластической деформации в точке от схемы напряженного состояния и инвариантности ее к преобразованию координат;
- принципом Зибеля о том, что работа внешних сил и работа внутренних сил при пластической деформации эквивалентны;

– принципом постоянства объема при пластической деформации.

Такой подход позволил моделировать процесс деформации в общем случае представленным формулой (1), где пластические деформации описываются тензором Грина (большие деформации) [6].

$$U_{\delta} = \iiint_V \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} dV + \sqrt{2} \sigma_s \iiint_V \left[\frac{E}{2(1-2\nu)} (d\varepsilon_{ij})^2 + 2G \left(d\varepsilon_{ij} - \frac{1}{3} d\varepsilon_{ij} \delta_{ij} \right) d\varepsilon_{ij} \right] dV - \iint_S \bar{R}_i \bar{u}_i dS, \quad (1)$$

где U_{δ} – энергия деформации; σ_{ij} – тензор напряжений Кирхгофа; σ_s – предел текучести; $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^y + \varepsilon_{ij}^n$ – тензор деформаций Грина; $\varepsilon_{ij}^y, \varepsilon_{ij}^n$ – упругая и пластическая части тензора деформаций, действующие в упругой и пластических областях конструкции; $\bar{u}_i$ – вектор перемещений; $\bar{R}_i$ – внешние силы; V – объем; S – поверхность исследуемого объекта до деформации; E, ν, G – свойства материала; δ_{ij} – символ Кронекера.

Определить энергию упругих деформаций можно с помощью выражений [6]:

$$W_{упр} = \frac{E\nu}{2(1+\nu)(1-2\nu)} \iiint_V [(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z)^2 + G(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2) + \frac{1}{2}G(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{zx}^2 + \gamma_{yz}^2)] dV; \quad (2)$$

$$W_{упр} = \frac{1}{2E} \iiint_V [(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)^2 + 2(1+\nu)(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2 - \sigma_y \sigma_z - \sigma_z \sigma_x - \sigma_x \sigma_y)] dV; \quad (3)$$

$$W_{упр} = \frac{E\nu}{2(1+\nu)(1-2\nu)} \iiint_V \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} \right)^2 + G \left[\left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial z} \right)^2 \right] + \right. \\ \left. + \frac{1}{2}G \left[\left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 \right] \right\} dV, \quad (4)$$

где E, ν – упругие константы материала; $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ – параметр Ляме;

ε, γ – компоненты деформированного состояния; σ – компоненты напряжений; U, V, W – перемещение; $W_{упр}$ – энергия упругого деформирования.

Таким образом, решается обратная задача. Известны перемещения U, V, W точек деформированной поверхности, которые представляют собой сложные функции координат, вычисляемые как разность координат первоначальной формы и деформированной.

В простых случаях можно воспользоваться другими способами (например, методом смещенного объема [7]. Данный метод основан на принципе постоянства объема, что позволяет не вычислять тройной интеграл в выражении (1), а находить объем очага пластической деформации прямым измерением.

В этом случае необходимо знать величину объема деформированного участка и напряжение, которое равно пределу текучести.

Энергия, затраченная на пластическую деформацию в соответствии с принципом Э. Зибеля [8]:

$$U_{\delta} = \sigma_s V_{см}, \quad (5)$$

где $V_{см} = V_0 \delta$ – смещенный объем; δ – истинная степень деформации; V_0 – первоначальный объем.

Такой способ наиболее эффективен при сложных деформациях конструкции, когда координаты точек определить сложно.

При анализе деталей типа панелей, пластическая деформация определяется одним из двух указанных методов, но упругие напряжения, берутся из уравнения устойчивости данных конструкций:

$$\nabla^2 \nabla^2 U_z = -\frac{P_N}{D} \frac{\partial^2 U_z}{\partial x^2}, \quad (6)$$

где U_z – прогиб элемента типа пластины; $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость; h – толщина материала.

Для того, чтобы учесть деформации хрупких элементов конструкции, разработаны простые инженерные формулы, которые позволяют учитывать энергию разрушения таких элементов, как чугунные диски, алюминиевые литые детали.

При больших нелинейных упругих деформациях используются уравнения Кармана.

После того, как определена энергия деформации всех поврежденных элементов конструкции автомобиля, рассчитывается общая энергия деформации и соответствующая ей составляющая скорости автомобиля в момент столкновения:

$$V_n = \sqrt{\frac{2U_\delta^\Sigma}{m_a}}, \quad (7)$$

где m_a – масса автомобиля.

Вышеуказанная методика позволяет определить скорость движения транспортного средства как с учетом затрат кинетической энергии на деформацию элементов и деталей автомобиля, так и с учетом затрат кинетической энергии на перемещение транспортных средств после происшествия. Подетальное изучение деформаций и учет их прочностных характеристик позволяет с высокой точностью определить скорость движения автомобиля в момент столкновения.

Одним из главных факторов, влияющих на распространение предложенной энергетической методики определения скорости транспортных средств по деформации, является недостаточный уровень научно-технической подготовки судебных экспертов и высокий уровень трудоемкости выполняемых работ, что закономерно влечет повышение стоимости подобных экспертиз. Для устранения этих недочетов методики авторам видится путь в составлении базы типажа, геометрической формы автотранспортных средств, а также базы применяемых материалов для производства деталей автомобиля. Вышеуказанная база позволит упростить применение предложенной методики, используя усредненные значения жесткости конструкции автотранспортного средства, но, к сожалению, эти упрощения приведут к повышению погрешности проводимых вычислений. Поэтому приоритетным направлением дальнейших исследований является поиск такого уровня упрощений, которые не приведут к значительным погрешностям.

Список литературы

1. Торлин В.Н., Ксенофонтова В.А., Бабкин А.В. Встречный удар двух автомобилей. – Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. 2004. ч.1. № 7 (77). С. 67–69.
2. Коршаков И.К. Экспериментальное исследование столкновения автомобилей// Автомобильный транспорт. 1990. № 9. С. 24–27.
3. Аблаев Р.Р. Импульсный метод анализа механизма дорожно-транспортного происшествия / Р.Р. Аблаев, А.Р. Аблаев // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Прогрессивные направления развития Машино-приборостроительных отраслей и транспорта». Севастополь: СевНТУ. 2011. С. 41–44.
4. Торлин В.Н., Ксенофонтова В.А., Ветрогон А.А. Повышение достоверности результатов экспертизы ДТП по энергетическим критериям // Сборник научных трудов ХГАДТУ «Автомобильный транспорт». Харьков: РИО ХНАДУ. 2005. № 16. С.19–22.
5. Торлин В.Н., Ксенофонтова В.А., Ветрогон А.А., Яковенко Е.В. Проблемы и перспективы энергетических методов реконструкции ДТП // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сб. науч.тр. Харьков: Изд-во ХНАДУ. 2013. Вып. 61–62. С.170–174.
6. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности: Пер. с англ. М.: Мир. 1987. 542 с.
7. Ксенофонтова В.А., Бабкин А.В., Торлин В.Н. Исследование процесса деформации кузова легкового автомобиля при наезде на неподвижное препятствие // Сборник научных трудов ХГАДТУ «Автомобильный транспорт». Харьков: РИО ХГАДТУ. 2001. № 7–8. С. 36–38.
8. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977. 423 с.

УДК 656.6:654.9

МЕТОДЫ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

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., д. 13, skpo@bk.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., д. 13

Аннотация. Прекрасная идея: реализовать в системах пожарной сигнализации, устанавливаемых на морских судах, функцию обнаружения пожароопасных ситуаций в судовых помещениях, что позволило бы в большинстве случаев вовремя устранять причины развития пожара, – не находит своего практического воплощения уже в течение четверти века. В статье рассматривается целесообразность и возможность реализации указанной функции в системах информационной поддержки, широко внедряемых в последнее время в

интегрированные автоматизированные системы управления морскими и речными судами.

Ключевые слова: пожарная сигнализация, система информационной поддержки, база данных, судовое помещение, пожароопасная ситуация, накопление информации, контроль, параметры, числовой ряд, схема, сравнение, распознавание.

METHODS FOR ADAPTIVE CONTROL OF FIRE HAZARD IN THE PREMISES OF MARINE VEHICLES

Krugleevsky Vladimir N. – doctor of technical Sciences, associate Professor, leading researcher

Skorokhodov Dmitry A. – doctor of technical Sciences, Professor, chief researcher

Institute of problems of transport after. name NS. Solomenko, Russian Academy of Sciences

Abstract. A great idea to implement in the fire alarm systems installed on ships, the function of detecting fire situations in the ship's premises, which would allow in most cases to eliminate the causes of fire in time, does not find its practical implementation for a quarter of a century. The article discusses the feasibility and possibility of implementing this function in the information support systems, widely implemented in the integrated automated control systems of sea and river vessels.

Keywords: fire alarm system, information support system, database, ship premises, fire situation, information accumulation, control, parameters, numerical series, scheme, comparison, recognition.

17 ноября 2018 г. исполнилось двадцать пять лет со дня проведения Первого межотраслевого семинара «Физические и физико-химические методы и средства сверххранного обнаружения загораний», организованного по инициативе кафедры физики и теплообмена Санкт-Петербургской высшей пожарно-технической школы (СПбВПТШ). Целью семинара было обобщение и внедрение передового отечественного и зарубежного опыта в области методов и средств сверххранного обнаружения загораний в практику противопожарной защиты объектов различного назначения. В семинаре приняли участие представители около 40 организаций. Основные идеи, высказанные участниками семинара во время выступлений и бурных дискуссий, были обработаны Звоновым В.С., Поляковым А.С., Малининым и изложены в книге «Можно ли предупредить пожар?» [1].

На семинаре впервые было дано определение понятия сверххранного обнаружения загораний. В этой связи нельзя не процитировать ёмкое по содержанию, актуальное и в настоящее время высказывание доктора технических наук, профессора, начальника кафедры пожарной безопасности и технологий СПбВПТШ Я.С. Киселева: «При самопроизвольном возникновении горения (взрыве) к моменту появления признаков горения на поверхности материала сохранить его от уничтожения практически невозможно. Система сверххранного обнаружения пожара в этом случае должна базироваться не на признаках горения, а на признаках предшествующих горению. Отсюда видно, что система сверххранного обнаружения пожара должна занимать промежуточное положение между системами обнаружения загораний и системой предупреждения пожаров. В отличие от традиционной профилактической работы, которая проводится через систему оргтехмероприятий, разрабатываемая система сверххранного обнаружения пожара должна базироваться на технических средствах. Поэтому, под сверххранним, очевидно, следует понимать обнаружение признаков, которые могут привести к пожару на такой стадии, когда пожар можно предотвратить техническими средствами».

Настоящая статья продолжает тематику «сверххранного обнаружения пожара» и посвящена развитию методов автоматического обнаружения признаков пожароопасных ситуаций в судовых помещениях с использованием современных судовых систем активной противопожарной защиты.

Достаточно давно было отмечено, что в судовых системах управления, контроля и сигнализации циркулирует достаточно большое количество информации, которую можно дополнительно учитывать в процессе контроля пожарной опасности в энергетических отсеках, в помещениях которых размещены пожароопасные технические средства (ТС) [2]. Предлагалось использовать эту информацию в перспективных системах автоматизированного контроля пожарной опасности, в которые в конечном итоге должны были бы эволюционировать современные системы пожарной сигнализации (СПС) [3]. Однако, практическое использование СПС для предупреждения пожаров путем реализации в них функций обнаружения пожароопасных ситуаций сдерживается рядом факторов, а именно: действующими нормативными документами не предусмотрены соответствующие требования; не разработано алгоритмическое обеспечение; создаваемое программное обеспечение неизбежно повлечет за собой необходимость использовать значительно большие вычислительные ресурсы, чем в обычных СПС, что значительно повысит себестоимость системы.

В то же время, автоматизация управления судовыми ТС достигла достаточно высокого уровня. Управление движением судна и его энергетической установкой осуществляется с ходового мостика (ХМ) и из центрального поста управления (ЦПУ) с использованием интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ) судном. Она осуществляет обмен информацией со многими судовыми системами, включая СПС. Для повышения эффективности работы операторов ИАСУ судном, автоматизированные рабочие места (АРМ) оснащаются системами информационной поддержки (СИП). На серверах системы размещены базы данных (БД), которые содержат актуальную информацию о судне, его системах и ТС. Наибольший эффект от использования СИП проявляется при управлении судном в условиях аварий технических средств, затоплений или пожаров, но эти системы также предназначены и для работы в повседневных условиях.

Аппаратура и программное обеспечение СИП (во взаимодействии с СПС) наилучшим образом подходят для реализации автоматизированного контроля пожарной опасности на судне, целью которого является предупреждение перерастания пожароопасной ситуации в возгорание и определение места нахождения источника пожара. В СИП функцию автоматического обнаружения пожароопасных ситуаций в судовых помещениях можно реализовать всего лишь путем разработки дополнительного алгоритмического и программного обеспечения.

Известной проблемой, снижающей доверие членов судовой команды к СПС, является частое срабатывание пожарной сигнализации при фактическом отсутствии пожара. Она связана со стремлением обнаружить пожар на самых начальных этапах развития и повышением по этой причине чувствительности сенсоров пожарных извещателей.

Сигналы предупреждения о возникновении в судовом помещении пожароопасной ситуации и сигнал «пожар» влекут за собой выполнение от судовой команды разных по своему характеру действий. Поэтому то, что сигнал предупреждения будет формироваться СИП, а сигнал «пожар» – СПС, т.е. разными системами, позволит не только своевременно отреагировать судовой команде на сигнал предупреждения, но одновременно повысит степень доверия к сигналам СПС об обнаружении пожара.

Для реализации функций обнаружения пожароопасных ситуаций в судовых помещениях в СИП должна быть сформирована БД, автоматически пополняемая новыми данными о численных значениях контролируемых параметров, характеризующих пожарную опасность. На основании этих данных будут определяться диапазоны возможных изменений и скорости изменения параметров при различных комбинациях и режимах работы судовых ТС с учетом погодных условий и температуры забортной воды (могут учитываться и другие факторы, которые прямо или косвенно влияют на возникновение пожароопасной ситуации).

Обработка накопленных за начальный период эксплуатации судна (от 0,5 до 1 года или более) данных об изменении контролируемых в помещениях параметров позволит оценить

на сколько, заданные в соответствии с действующими нормами критические значения параметров опасных факторов пожара, при достижении которых СПС должна выдавать сигнал «пожар», адекватны фактическим условиям в помещении. Соответственно для каждого помещения могут быть уточнены условия выдачи сигналов предупреждения о пожарной опасности. Тогда СИП в повседневном режиме эксплуатации могла бы своевременно предупреждать об угрозе пожара и возможности срабатывания СПС. Это позволит снизить ложные срабатывания СПС и сократить время обнаружения пожара.

Остановимся более подробно на вопросах: какую именно информацию и как ее следует использовать в СИП при реализации функции автоматического обнаружения аномальных и пожароопасных ситуаций в судовых помещениях.

Во-первых, информация, которая может быть получена от СПС, систем управления техническими средствами, входящих в состав ИАСУ судном, и других систем, должна быть определенным образом структурирована (рис. 1). Для этого из общего массива информации относительно каждого судового помещения необходимо вычлениить и сформировать группу данных, в первую очередь используя контролируемые в данном помещении параметры воздушной среды и технологических процессов, которые прямо или косвенно характеризуют изменения обстановки (разрушение теплоизоляции элементов энергетического оборудования, нагрев поверхностей ТС, механизмов, кабельных трасс, электрооборудования выше критических значений, появление течи трубопроводов с горючими жидкостями и т.п.), вызывающие увеличение пожарной опасности. Таким образом, структурирование информации будет проводиться по признаку принадлежности к помещению (месту нахождения источника информации).

Целесообразно различать основную и вспомогательную информацию. Основной является информация о контролируемых параметрах опасных факторов пожара, поступающая от СПС. К основной информации также следует отнести показания датчиков и сигнализаторов газового состава воздушной среды (при их наличии), а также данные судовой системы единого времени.

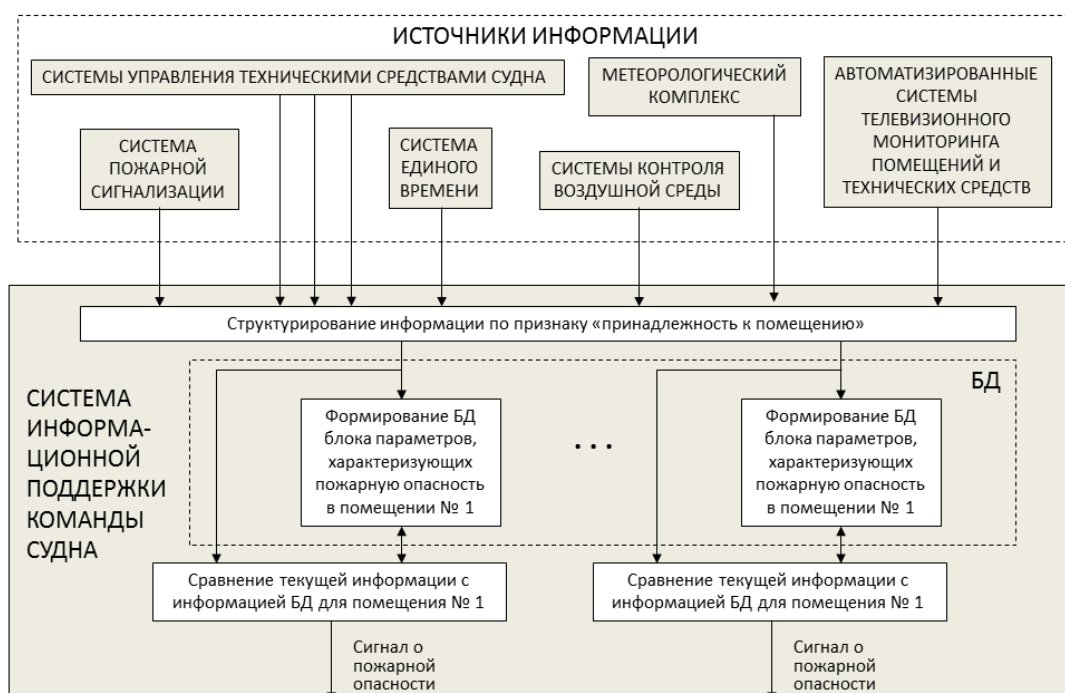


Рисунок 1 – Обобщенная схема процесса формирования и пополнения базы данных (БД) о пожарной опасности в помещениях судна

К вспомогательной информации относятся сигналы, поступающие от судовых систем управления и контроля о включении и режимах работы ТС, систем и механизмов, аварийно-предупредительные сигналы (АПС), данные судовой гидрометеостанции. Использование этой информации позволит уточнить место возникновения очага пожара, повысить надежность распознавания пожароопасных ситуаций и начальных стадий пожара.

Важным является временной фактор. Данные судовой системы единого времени должны использоваться для синхронизации получения информации от различных систем, при анализе динамики контролируемых параметров и определении корреляционных связей между ними, режимами работы ТС и изменением внешних воздействий на судно (погодных условий).

Значение температуры забортной воды и воздуха будут учитываться при оценке динамики изменения тепловых полей в судовых помещениях.

Так как в СИП будет поступать большое количество сигналов, то для сокращения объема требуемой памяти, сохраняемая информация предварительно должна подвергаться определенным преобразованиям. При этом запоминанию подлежит только та информация, которая будет в дальнейшем использована для распознавания пожароопасных ситуаций.

Обязательно следует запоминать граничные значения диапазонов изменения и максимальные значения скорости изменения контролируемых параметров, в первую очередь, опасных факторов пожара (температуру и оптическую плотность воздушной среды, концентрацию в ней газов CO , CO_2 , O_2 и других).

Требуется также запоминать максимальные значения скорости изменения и граничные значения диапазонов изменения контролируемых параметров опасных факторов пожара для различных комбинаций работы ТС и механизмов (учитывая возможные режимы их работы) при нахождении судна в различных погодных и климатических условиях.

Накопление информации, характеризующей пожарную опасность, также должно осуществляться для каждого помещения по отдельности. Для этого из всего множества сигналов, несущих основную и вспомогательную информацию о пожарной опасности, поступающих от различных судовых систем сигнализации и контроля в СИП в соответствии с установленной периодичностью (циклически), необходимо сформировать подмножества для каждого судового помещения. При этом один и тот же информационный сигнал может использоваться в нескольких подмножествах.

В принципе, в БД необходимо сформировать периодически пополняемые в процессе эксплуатации судна блоки, содержащие основную и вспомогательную информацию, характеризующую процессы возникновения и развития пожара в каждом отдельно взятом судовом помещении. Блок информации удобно формировать в виде матрицы числовых рядов. Числовой ряд будет образовывать группа контролируемых параметров. Типовая схема процесса оценки пожарной опасности и формирования базы данных для одного помещения показана на рисунке 2.

Каждому контролируемому параметру в группе присваивают порядковый номер. На каждом цикле контроля из полученных значений параметров $\{x_1, x_2, \dots, x_N\} \in X$ в соответствии с их порядковыми номерами формируют числовые ряды $X \rightarrow \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$. Каждый числовой ряд, по сути, отражает ситуацию A сложившуюся в помещении и выраженную через численные значения контролируемых физических параметров $x_1, x_2, \dots, x_N$. К примеру, для цикла контроля s в любом помещении ситуацию A^s можно представить как $A^s \equiv X^s$, где $X^s \rightarrow \{a_1^s, a_2^s, \dots, a_{N_i}^s\}$, так как $(x_1^s = a_1^s; x_2^s = a_2^s; \dots, x_N^s = a_{N_i}^s) \in X^s$. Полученные по каждому помещению числовые ряды запоминают в том случае, если контролируемые параметры не превысили предельно допустимых значений $x_i < x_i^{max}$, $(x_1^{max}, \dots, x_j^{max}) \in X^{max}$, и на последующих циклах контроля сравнивают с вновь сформированным числовым рядом, который, в случае несовпадения, также запоминают для последующего сравнения.

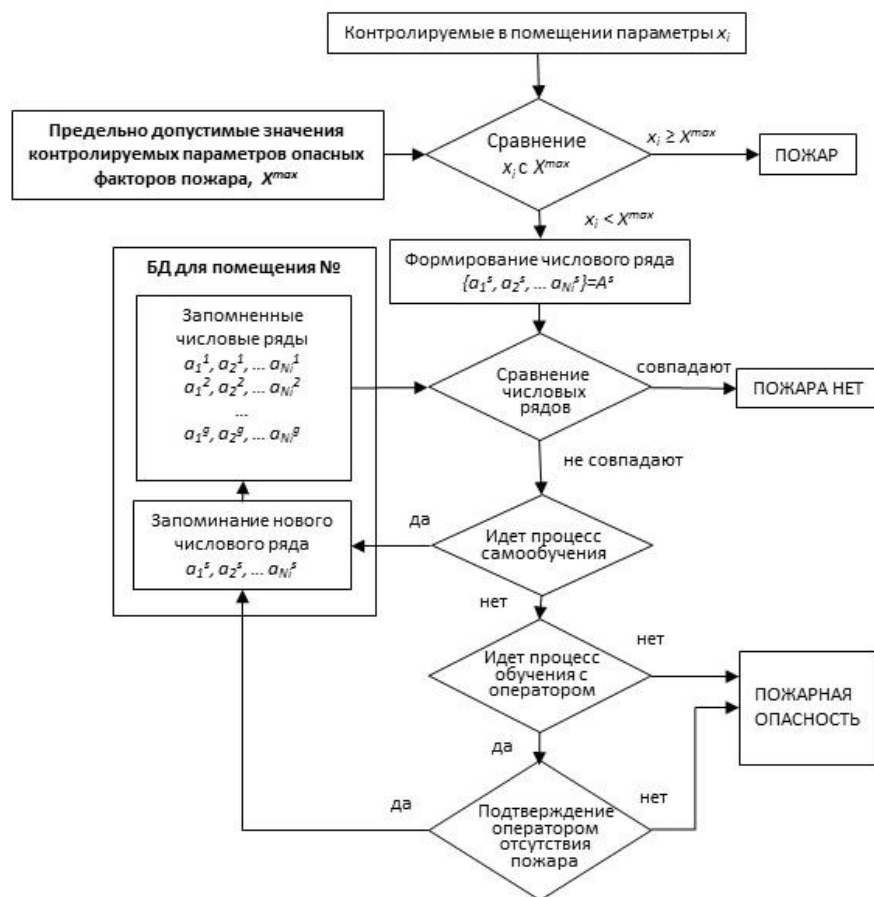


Рисунок 2 – Блок-схема оценки пожарной опасности и формирования базы данных для одного помещения

Процесс пополнения БД может происходить автоматически, как это описано выше. Этот процесс можно назвать самообучением. Обучение системы может также проводиться под контролем оператора СИП. В этом случае оператор подтверждает (или не подтверждает) отсутствие пожара.

Запоминание новых числовых рядов автоматически формирует и пополняет БД содержащую данные о всех произошедших в помещении ситуациях. Запомненные числовые ряды образуют прямоугольную матрицу размерностью $z \times v$, где z – количество запомненных числовых рядов, а v – количество точек контроля в помещении.

Накопление в БД численных значений параметров, характеризующих пожарную опасность при различных условиях эксплуатации судна, позволяет путем сравнения текущих значений контролируемых параметров с данными БД распознавать возникновение в судовых помещениях пожароопасных ситуаций [4].

Список литературы

1. Звонов В.С., Малинин В.Р., Поляков А.С. Можно ли предупредить пожар? // Материалы 1-го межотраслевого семинара «Физические и физико-химические методы и средства сверхраннего обнаружения загораний». Санкт-Петербург, СПбВПУШ МВД РФ, 1994. С. 17–25.
2. Круглеевский В.Н. О методологических основах автоматизации процесса контроля пожарной опасности транспортных средств // Программа и тезисы докладов XI международной выставки и конференции по судостроению, судоходству, деятельности портов, освоению

океана и шельфа «НЕВА-2011». 2011. С. 114–117.

3. Артамонов В.С., Круглеевский В.Н., Скороходов Д.А., Поляков А.С. Судовые системы пожарной сигнализации: От прошлого – в будущее // Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2013. С. 34–41.

4. Круглеевский В.Н. Способ автоматического обнаружения начальных стадий пожаров в помещениях пожароопасных объектов, содержащих тепловыделяющее оборудование // Патент РФ № 2646204.

УДК 614.841.2

ОБЗОР ПОЖАРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ИССЛЕДОВАННЫХ СЭУ ФПС «ИПЛ» МЧС РОССИИ В 2013–2017 годах

Елисеев Юрий Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Исследовательского центра экспертизы пожаров

Сысоева Татьяна Павловна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Исследовательского центра экспертизы пожаров

Кухарев Александр Александрович – заместитель начальника отдела экспертизы пожаров и организации подготовки экспертов Исследовательского центра экспертизы пожаров

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

193079, Россия, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35, ficentre@igps.ru

Аннотация. Проведен анализ статистической деятельности судебно-экспертных учреждений Федеральной противопожарной службы МЧС России в 2013-2017 годах по исследованию пожаров произошедших на транспортных средствах. Рассмотрена динамика пожаров по основным причинам их возникновения, установленных сотрудниками экспертных подразделений. Названы основные направления профилактики предупреждений возгораний транспортных средств.

Ключевые слова: пожар, пожарно-техническая экспертиза, очаг пожара, причина пожара, статистика, исследование, транспортное средство.

REVIEW OF FIRES OF VEHICLES INVESTIGATED BY THE FIRE TESTING LABORATORY OF EMERCOM OF RUSSIA IN 2013-2017

Eliseev Yury N. – PhD, Leading Researcher of the Research Center of Fire Examination

Sysoeva Tatyana P. – PhD, Senior Researcher of the Research Center of Fire Examination

Kukharev Aleksandr Al. – Deputy Head of the Department of Fire Examination and Organization of Training of the Research Center of Fire Examination

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

Oktyabr'saya nab., 35, St. Petersburg, 193079, Russian Federation, centre@igps.ru

Abstract. The analysis has been made of the statistical activities of forensic institutions of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia of fire examination on vehicles in 2013-2017. The dynamics of fires according to the main reasons of their occurrence established by the staff of expert divisions is considered. The main directions of fire prevention on vehicles are named.

Keywords: fire, fire-technical expertise, fire source, cause of fire, statistics, research, vehicle.

Согласно статистическим данным [1] за последние пять лет на территории Российской Федерации снижается как общее число пожаров, так количество возгорание, произошедших на транспортных средствах (табл. 1). Наблюдается тенденция снижения и процентного содержания пожаров транспортных средств к общему их количеству.

Таблица 1 – Основные показатели обстановки с пожарами в России

Наименование показателя	Отчетный год				
	2013	2014	2015	2016	2017
Количество пожаров, тыс. шт.	153,5	150,8	145,6	139,5	132,4
Количество пожаров транспортных средств, шт.	23434	22847	20817	19299	17521
Процент от общего количества пожаров, %	15,3	15,2	14,3	13,8	13,2
Прямой материальный ущерб, тыс. руб.	2259733	2246966	2414480	2079146	
Процент от общего ущерба, %	15,2	12,3	10,8	15,5	

В тоже время прямой материальный ущерб из года в год существенно не изменяется и составляет более 2 миллиардов рублей. Прогнозирование последствий возгораний транспортных средств, а также поиск возможных путей снижения ущерба не возможен без установления точной непосредственной причины пожара. Кроме того это имеет основополагающее значение для установления лица (компании), несущего (ей) ответственность за ущерб.

Основанная работа по данному направлению ложится на сотрудников судебно-экспертных учреждений (СЭУ) Федеральной противопожарной службы. Так ежегодно сотрудники СЭУ исследует около 5 тыс. пожаров произошедших на автотранспортных средствах, что составляет более 25 % от общего исследованного ими количества. При этом пожарно-технический эксперт в пределах своей компетенции устанавливает так называемую «непосредственную» или «техническую» причину. Под «непосредственной» или «технической» причиной принято понимать загорание какого-либо вещества или материала в результате протекания какого-либо пожароопасного процесса или воздействия на него какого-либо источника зажигания [2]. В таблице 2 приводятся сведения об основных причинах установленных сотрудниками СЭУ, на основании информации предоставляемой ими в соответствии с приказом МЧС России от 22 августа 2013 г. № 551 «О предоставлении сведений о деятельности судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».

Как следует из таблицы 2 общее количество пожаров исследованных экспертными подразделениями МЧС России с 2013 по 2015 гг. увеличивалось, а с 2016 г. по настоящее время наблюдается незначительный спад.

Основная причина возгораний транспортных средств носит криминальный характер – поджог, так из всех исследованных пожаров в 2017 г. поджог явился причиной в 50,3 % (рис. 1), то есть в настоящее время сложилась весьма напряженная ситуация с поджогами. В первую очередь это связано с противоправными действиями граждан и отдельных группировок, мотивированными корыстными соображениями (желанием, в частности, получить страховку за автомашину), а также такими изъянами общественной жизни, как месть, пиромания, вандализм, хулиганские побуждения [3].

На втором месте идут электротехнические причины возникновения горения, при этом чаще всего аварийные режимы работы возникают в штатной электрической сети транспортного средства в 18,5 % исследованных случаев, на долю аварийных режимов работы автомобильной сигнализации приходится 2,2 %, аварийные режимы работы в остальных нештатных системах имели место в 3,3 %.

Таблица 2 – Основные показатели исследованных пожаров на транспортных средствах сотрудниками СЭУ

Наименование показателя	Отчетный период				
	2013	2014	2015	2016	2017
Аварийные режимы в нештатных электросетях, шт.	182	195	222	77	147
Аварийные режимы работы в автосигнализациях и других сервисных системах, шт.	68	50	57	167	99
Аварийные режимы работы в штатных электросетях, шт.	988	998	970	912	826
Загорание горючих жидкостей при контакте с горячими поверхностями, шт.	596	577	582	599	573
Искусственное инициирование горения (поджог), шт.	2784	2975	3191	2556	2458
Прочие, шт.	541	630	621	504	350
Общее количество, шт.	5159	5425	5643	4815	4453

Загорание горючих жидкостей при их попадании на высоконагретые поверхности (выше температуры их самовоспламенения) явилось причиной пожаров в 12,9 % случаев.

Прочие возгорания, в том числе и пожары по не установленным причинам имели место в 7,8 % исследованных происшествий.

Приведенные статистические данные определяют и основные направления путей их профилактики.

С целью снижения количества возгораний возникших в результате поджога, необходимо ужесточение наступающего за это наказание. Отметим, что снижению криминальной составляющей способствует также и улучшение социального положения граждан в обществе, а также проведение воспитательных мероприятий с несовершеннолетними лицами.

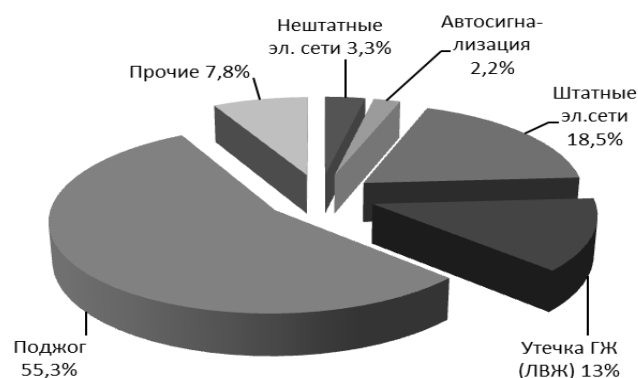


Рисунок 1 – Причины пожаров исследованных сотрудниками СЭУ в 2017 г.

Как показывает практика исследования возгораний аварийные режимы работы в нештатных электрических сетях автомобиля (в том числе и автосигнализациях) чаще всего происходят из-за не качественного монтажа дополнительных систем (охранных, обогрева и т.п.). Хотя заводы изготовители транспортных средств и выпускают соответствующие рекомендации – как правильно подключать дополнительное оборудование, многие автовладельцы желая сэкономить, обращаются к неквалифицированным специалистам.

Аварийные режимы работы в штатных электрических сетях транспортных средств, чаще всего происходят из-за некачественного или несвоевременного технического обслуживания. Многие владельцы транспортных средств по истечении гарантийного периода эксплуатации, который составляет 3–5 лет, прекращают пользоваться услугами специализированных мастерских или дилерских центров, в результате чего резко ухудшается качество работ по техническому обслуживанию и ремонту систем и узлов.

Снижению количеству пожаров по не установленным причинам способствует совершенствование используемых и разработка новых методических разработок позволяющих эксперту установить место возникновения горения (очаг пожара) и соответственно его причину.

Таким образом, основные причины произошедших пожаров, установленных сотрудниками судебно-экспертных учреждений ФПС МЧС России, тесно связаны с так называемым «человеческим фактором», устранив который можно добиться существенного снижения количества пожаров произошедших на транспортных средствах.

Список литературы

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник / Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО. 2017. 124 с.
2. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие. М.: ВНИИПО. 2002. 330 с.
3. Елисеев Ю.Н. Экспертная дифференциация причин возникновения пожара легкового автомобиля в результате поджога и технической неисправности, связанной с розливом горючих жидкостей: диссертация кандидата технических наук, ВНИИПО, Москва. 2007.

УДК 614.842.62/843.1

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЖИВУЧЕСТИ СЕТЕЙ НАРУЖНОГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

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 проспект, д. 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., дом 13, t_54@mail.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., д. 149, maxim0205@mail.ru

Пивоваров Николай Юрьевич – адъюнкт кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149

Начальник караула

Главное управление МЧС России по Новосибирской области

***Аннотация.** Рассмотрена проблема количественной оценки живучести сетей наружного противопожарного водоснабжения на объектах транспортной инфраструктуры, в частности, на предприятиях нефтехимической промышленности, поскольку внутренние (коррозия, броски давления) и внешние (взрывы технологических установок, землетрясения) могут приводить к повреждению различных участков сетей. Дано определение понятия живучести сетей наружного противопожарного водоснабжения в сравнении с аналогичными формулировками применительно к другим объектам. Обоснованы количественные показатели оценки живучести, приведены примеры. Данная статья является логическим дополнением к ранее опубликованной в журнале «Пожаровзрывобезопасность» (№6 за 2017 г. с.66-78) статье «Анализ водоотдачи кольцевой сети НППВ с учётом повреждений трубопроводов».*

***Ключевые слова:** транспортная инфраструктура, нефтехимическая промышленность, взрывопожарная опасность, сети наружного противопожарного водоснабжения, живучесть.*

TO THE QUESTION OF THE ASSESSMENT OF THE SURVIVABILITY OF NETWORKS EXTERNAL FIRE FIGHTING MAINS TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS

Tarantsev Alexander A. – Ph.D., professor, professor of department of fire fighting organization and conduct of rescue operations; Head of Laboratory

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation

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

Sytdykov Maxim R. – Ph.D., Head of the Department of fire, rescue equipment and automotive industry

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, maxim0205@ mail.ru

Pivovarov Nikolay Y. – adjunct of the department of fire fighting organization and conduct of rescue operations

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

Moskovsky pr., 149, St.Petersburg, 196105, Russian Federation

Head of guard, main Directorate of EMERCOM of Russia in Novosibirsk region

***Abstract.** The problem of quantitative assessment of survivability of networks of the fire-fighting water supply at the enterprises of petrochemical industry as internal (corrosion, pressure throws) and external (explosions of technological installations, earthquakes) can lead to damage of various sites of networks is considered. The definition of the concept of survivability of external fire water supply networks in comparison with similar formulations in relation to other objects is given. Quantitative indicators of survivability assessment are substantiated, examples are given. This article is a logical addition to the previously published article in the journal "Fire and explosion Safety" (№6 for 2017 p. 66-78)*

***Keywords:** petrochemical industry, explosion danger, a network of external fire-prevention water supply, the vitality.*

Важнейшей составляющей транспортной инфраструктуры является нефтехимическая промышленность (НХП) [1], обеспечивающая транспорт горючим. На предприятиях НХП (рис.1) обращаются огромные количества взрывопожароопасных веществ, объекты предприятий НХП в большинстве своём имеют категории взрывопожарной опасности [2], связаны

собой системами трубопроводов, а технологический процесс полностью или частично автоматизирован.



Рисунок 1 – Вид предприятия НХП в Нижнекамске

Особенности предприятий НХП обуславливают и их высокую взрывопожарную опасность. Нередки случаи возникновения пожаров, приводящих к взрывам или взрывов, приводящих к пожарам [3] (рис.2).



Рисунок 2 – Пожар на предприятии НХП

Тушение таких пожаров, имеющих повышенный ранг, требует привлечения значительного количества сил и средств пожарной охраны [4] и больших расходов огнетушащих веществ (в основном, воды), намного превышающих те, что требуются для тушения пожаров на других объектах [5]. Вода на тушение пожаров забирается, как правило, из сетей наружного противопожарного водоснабжения (НППВ) [6].

При проектировании и строительстве предприятий НХП оборудуются и сети НППВ с требуемыми параметрами [7]. Но, как показывает опыт эксплуатации предприятий НХП, они постоянно реконструируются и расширяются с увеличением мощностей, а сети НППВ либо модернизируются с запозданием, либо не модернизируются вообще, а их элементы (трубопроводы, гидранты и др.) подвергаются коррозии и могут выходить из строя ввиду «внутренних» причин. «Внешними» причинами повреждения сетей НППВ являются проводимые с нарушениями земляные работы, взрывы технологических установок на предприятиях НХП, землетрясения и др. ЧС.

Однако даже при этом кольцевые сети НППВ после отсечения задвижками повреждённых участков могут сохранять возможность обеспечивать водоотдачу при тушении пожа-

ров на предприятиях НХП. Подобное свойство принято называть «живучестью». В таблице 1 приведены формулировки этого термина применительно к различным объектам. Применительно к сетям НППВ предложена следующая формулировка: *живучесть сети НППВ – способность сети НППВ обеспечивать водоотдачу (полностью или частично) при повреждении некоторых её компонентов (трубопроводов, гидрантов и др.) вследствие внутренних (коррозия, броски давления и др.) или внешних (взрывы технологических установок, землетрясения и др.) причин.*, которая также приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Формулировки термина «Живучесть»

№ п/п	Формулировка	Источник
1	Живучесть корабля – способность корабля вести бой при повреждении противником некоторых его частей	Адмирал С.О.Макаров
2	Живучесть в технике – свойство объекта (устройства, системы, изделия военной техники и др.) противостоять потере работоспособности вследствие дефектов и повреждений, возникающих в процессе эксплуатации в силу внутренних и внешних причин	[10]
3	Живучесть – свойство системы продолжить нормальное функционирование с допустимыми показателями эффективности при непрогнозируемых или преднамеренных воздействиях	[11]
4	Комментарий к термину «надёжность» (п.1.1): Термин "живучесть" соответствует международному термину fail-safeconcept	[12]
5	Живучесть судна - способность противостоять воздействию сил ветра и волн, пожарам и пр., при повреждениях сохранять и восстанавливать (полностью или частично) эксплуатационные и мореходные качества	[13]
6	Живучесть - свойство объекта - состоящее в его способности противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания и ремонта; - сохранять ограниченную работоспособность при воздействиях, не предусмотренных условиями эксплуатации; - сохранять ограниченную работоспособность при наличии дефектов или повреждений определенного вида, а также при отказе некоторых компонентов	[14]
7	Живучесть сети электросвязи – свойство сети электросвязи сохранять способность выполнять требуемые функции в условиях, создаваемых воздействиями внешних дестабилизирующих факторов	[15]
8	Живучесть сети НППВ – способность сети НППВ обеспечивать водоотдачу (полностью или частично) при повреждении некоторых её компонентов (трубопроводов, гидрантов и др.) вследствие внутренних (коррозия, броски давления и др.) или внешних (взрывы технологических установок, землетрясения и др.) причин	Авторы

В работе [8] приведены результаты компьютерного моделирования вариантов повреждения кольцевой сети НППВ (рис.3–5), где даны определение её живучести и количественная оценка виде коэффициента живучести в виде отношения числа работоспособных пожарных гидрантов (ПГ) к общему числу ПГ, которые необходимо задействовать для тушения данного пожара.

Тем не менее, представляется целесообразным уточнить количественные оценки живучести сети НППВ с учетом вероятностей $\{p_i\}$ различных повреждающих ситуаций. Тогда коэффициент живучести ПГ, использующий относительное число работоспособных ПГ, будет иметь вид:

$$K_{\Gamma} = \sum_{i=1}^M p_i K_{\Gamma i} = \sum_{i=1}^M p_i \frac{N_i}{N_{oi}}, \quad (1)$$

где K_{Γ} – коэффициент живучести ПГ при i -й повреждающей ситуации; N_i , N_{oi} – число исправных ПГ и общее число ПГ, которые необходимо было бы задействовать на тушение пожара при i -й повреждающей ситуации; M – общее число повреждающих ситуаций.

При этом следует иметь ввиду условие:

$$\sum_{i=1}^M p_i = 1. \quad (2)$$

В таблицах 2–4 соответствующие схемам на рисунках 3–5 и аналогичным схемам статьи [8], приведены величины коэффициентов $\{K_{\Gamma i}\}$.

В таблицах 2–4 также приведены расчётные значения водоотдачи $\{Q\}$ неповреждённых и повреждённых сетей НППВ в соответствии с расчётными примерами работы [8]. Это позволило предложить и другой коэффициент живучести сети НППВ, учитывающий водоотдачу:

$$K_Q = \sum_{i=1}^M p_i K_{iQ}, \quad (3)$$

где K_{iQ} – средний по диапазону напоров $\{H\}$ сети коэффициент живучести при i -й повреждающей ситуации (согласно таблице водоотдачи справочников руководителя тушения пожара, например [5], принят дискретный диапазон напоров $H=10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80$ м.водн.столба).

Величина K_{iQ} , в свою очередь, определяется как среднее соотношение водоотдачи повреждённой сети НППВ при i -й повреждающей ситуации к водоотдаче неповреждённой сети:

$$K_{iQ} = \frac{1}{8} (K_{i,H=10} + K_{i,H=20} + \dots + K_{i,H=80}), \quad i=2, \dots, M, \quad (4)$$

где $K_{i,H}=Q_{i,H}/Q_{1,H}$ – соотношение водоотдачи сети НППВ при i -й повреждающей ситуации к водоотдаче неповреждённой сети при напоре H (рис. 3–5) (индекс «1» соответствует неповреждённой сети – рис.3 а, 4а, 5а).

В таблицах 2–4 в качестве примера приведены численные значения коэффициентов $\{K_{i,H}\}$ и $\{K_{iQ}\}$. Применительно к сети НППВ (рис. 3, табл. 2), когда должны задействоваться 2 ПГ, число повреждающих ситуаций $M=4$ – при 1-й ситуации (рис. 3 а) сеть осталась неповреждённой, при 2-й ситуации повреждён один участок сети (рис.3 б), при 3-й и 4-й ситуациях повреждены сразу 2 участка, но все ПГ работоспособны. Применительно к сети НППВ (рис. 4, табл. 3), когда должны задействоваться 3 ПГ, число повреждающих ситуаций $M=9$ – при 1-й ситуации (рис.4 а) сеть осталась неповреждённой, при ситуациях 2–4 (рис. 4 б, в, г) повреждён один участок сети, при ситуациях 5–9 (рис. 4 д, е, ж, з, и) повреждены 2 участка, причём в ситуациях 5 (рис. 4 д) и 8 (рис. 4 з) один ПГ неработоспособен. Применительно к сети НППВ на рис.5 (табл. 4), когда должны задействоваться 4 ПГ, число повреждающих ситуаций $M=6$ – при 1-й ситуации (рис. а) сеть осталась неповреждённой, при ситуациях 2 и 3 (рис.5 б, в) повреждён один участок сети, при ситуациях 4–6 (рис. 5 г, д, е) повреждены 2 участка, причём при ситуации 4 (рис. 5 г) один ПГ неработоспособен. Разумеется, приведённые ситуации являются условными, но по аналогии становится возможным рассмотреть и большее число задействующихся ПГ, и другие параметры трубопроводов, и сценарии вероятных аварий, когда сеть НППВ подвергается большим повреждениям.

Таблица 2 – Результаты моделирования водоотдачи Q (л/с) кольцевой сети НППВ с учетом ее повреждений при двух $N=2$ задействующихся ПГ, диаметре трубы $d=150$ мм и напоре H (м водн.столба)

Схемы	H	10	20	30	40	50	60	70	80	$K_{Г}$	K_{IQ}
Рис.3а	Q_{1H}	36	52	64	74	82	90	97	114	1	1
Рис.3б	Q_{2H}	24	33	40	46	51	57	61	65	1	0,619
	K_{2H}	0,667	0,635	0,625	0,622	0,622	0,633	0,629	0,570		
Рис.3в	Q_{3H}	32	45	56	65	71	79	85	91	1	0,860
	K_{3H}	0,889	0,865	0,875	0,878	0,866	0,878	0,876	0,798		
Рис.3г	Q_{4H}	26	36	45	53	58	64	69	74	1	0,698
	K_{4H}	0,722	0,692	0,703	0,716	0,707	0,711	0,711	0,649		

Таблица 3 – Результаты моделирования водоотдачи Q (л/с) кольцевой сети НППВ с учетом ее повреждений при трёх $N=3$ задействующихся ПГ, диаметре трубы $d=150$ мм и напоре H (м водн.столба)

Схемы	H	10	20	30	40	50	60	70	80	$K_{Г}$	K_{IQ}
Рис.4а	Q_{1H}	43	61	75	85	96	105	113	121	1	1
Рис.4б	Q_{2H}	42	58	71	81	91	100	108	115	1	0,953
	K_{2H}	0,977	0,951	0,947	0,953	0,948	0,952	0,956	0,950		
Рис.4в	Q_{3H}	42	60	75	86	96	105	113	121	1	0,999
	K_{3H}	0,978	0,984	1,0	1,012	1,0	1,0	1,0	1,0		
Рис.4г	Q_{4H}	37	54	65	74	84	93	100	107	1	0,878
	K_{4H}	0,860	0,885	0,867	0,871	0,875	0,886	0,885	0,884		
Рис.4д	Q_{5H}	35	49	61	71	79	86	93	99	0,667	0,820
	K_{5H}	0,814	0,803	0,813	0,835	0,823	0,819	0,823	0,818		
Рис.4е	Q_{6H}	19	28	34	40	45	48	52	57	1	0,462
	K_{6H}	0,442	0,459	0,453	0,471	0,469	0,457	0,460	0,471		
Рис.4ж	Q_{7H}	40	57	70	81	90	99	106	114	1	0,940
	K_{7H}	0,930	0,934	0,933	0,953	0,938	0,943	0,938	0,942		
Рис.4з	Q_{8H}	37	53	65	75	83	92	99	105	0,667	0,871
	K_{8H}	0,860	0,869	0,867	0,882	0,865	0,876	0,876	0,868		
Рис.4и	Q_{9H}	34	47	59	67	75	82	89	95	1	0,784
	K_{9H}	0,791	0,770	0,787	0,788	0,781	0,781	0,788	0,785		

Вероятности $\{p_i\}$, входящие в коэффициенты $K_{Г}$ выражения (1) и K_Q выражения (3), могут быть определены экспертными методами [9] при рассмотрении сценариев вероятных аварий на предприятиях НХП или других исследуемых объектах.

Пусть, например, применительно к сети (рис. 5) оценены вероятности: $p_1=0,85$; $p_2=0,05$; $p_3=0,04$; $p_4=0,03$; $p_5=0,02$; $p_6=0,01$. Основываясь на данных табл.4, по выражению (1) определяем величину коэффициента живучести кольцевой сети НППВ $K_{Г}$:

$$K_{Г} = 0,85 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 + 0,04 \cdot 1 + 0,03 \cdot 0,75 + 0,02 \cdot 1 + 0,01 \cdot 1 = 0,9925.$$

Аналогично по выражению (3) находим:

$$K_Q = 0,85 \cdot 1 + 0,05 \cdot 0,918 + 0,04 \cdot 0,987 + 0,03 \cdot 0,915 + 0,02 \cdot 0,451 + 0,01 \cdot 0,915 = 0,9810.$$

Как видим, коэффициент живучести K_Q , учитывающий водоотдачу сети НППВ, является более строгим, чем коэффициент живучести $K_{Г}$, учитывающий только работоспособность ПГ.

Таблица 4 – Результаты моделирования водоотдачи Q (л/с) кольцевой сети НППВ с учётом её повреждений при четырёх $N=4$ действующих ПГ, диаметре трубы $d=150$ мм и напоре H (м водн.столба)

Схемы	H	10	20	30	40	50	60	70	80	$K_{iГ}$	K_{iQ}
Рис.5а	Q_{1H}	44	62	77	89	100	108	116	123	1	1
Рис.5б	Q_{2H}	39	57	70	81	91	100	107	115	1	0,918
	K_{2H}	0,886	0,919	0,909	0,910	0,910	0,926	0,922	0,935		
Рис.5в	Q_{3H}	42	61	76	87	98	106	116	124	1	0,987
	K_{3H}	0,955	0,984	0,987	0,978	0,980	0,981	1,00	1,008		
Рис.5г	Q_{4H}	39	57	70	80	90	100	107	115	0,75	0,915
	K_{4H}	0,886	0,919	0,909	0,899	0,900	0,926	0,922	0,935		
Рис.5д	Q_{5H}	19	28	34	40	44	49	53	57	1	0,451
	K_{5H}	0,432	0,452	0,442	0,449	0,440	0,454	0,457	0,463		
Рис.5е	Q_{6H}	40	57	70	81	90	99	107	114	1	0,915
	K_{6H}	0,909	0,919	0,909	0,909	0,900	0,917	0,922	0,927		

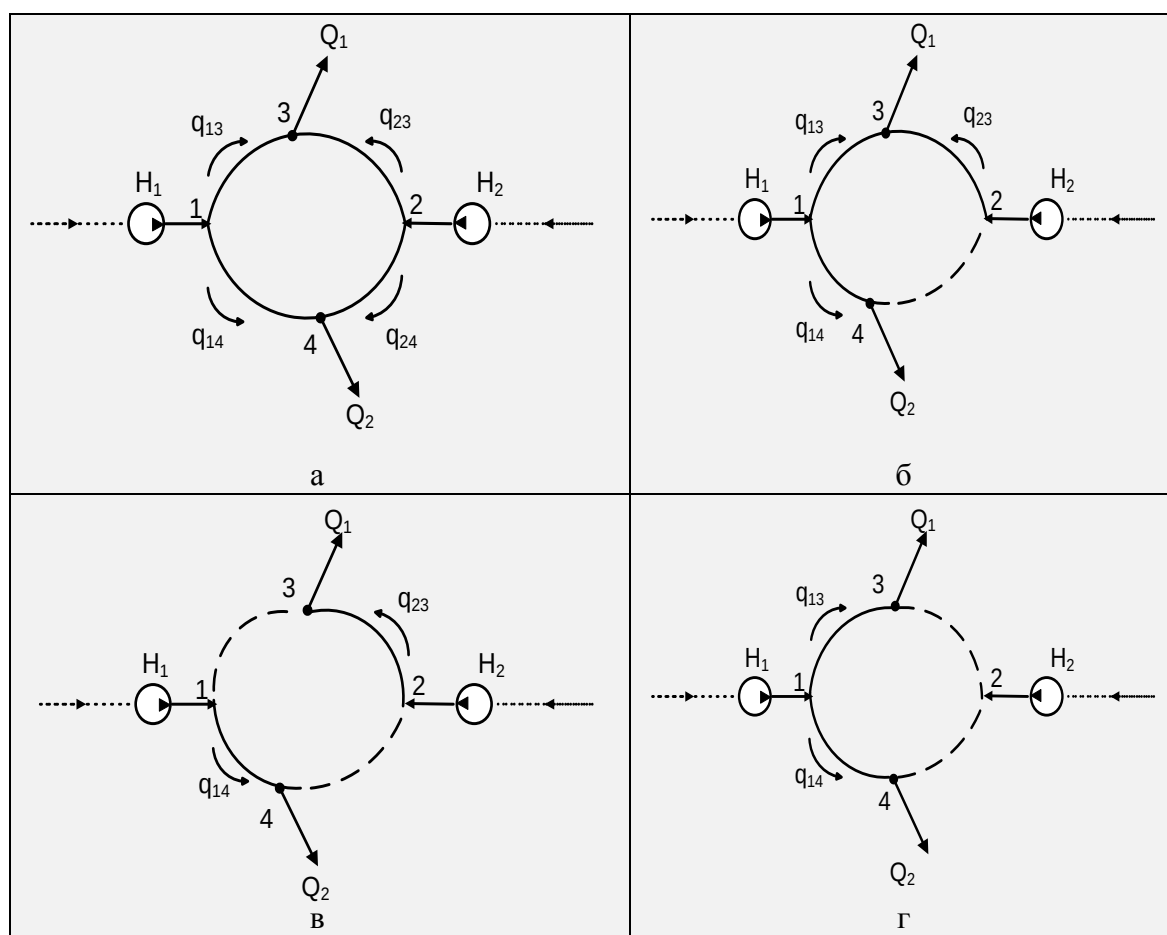
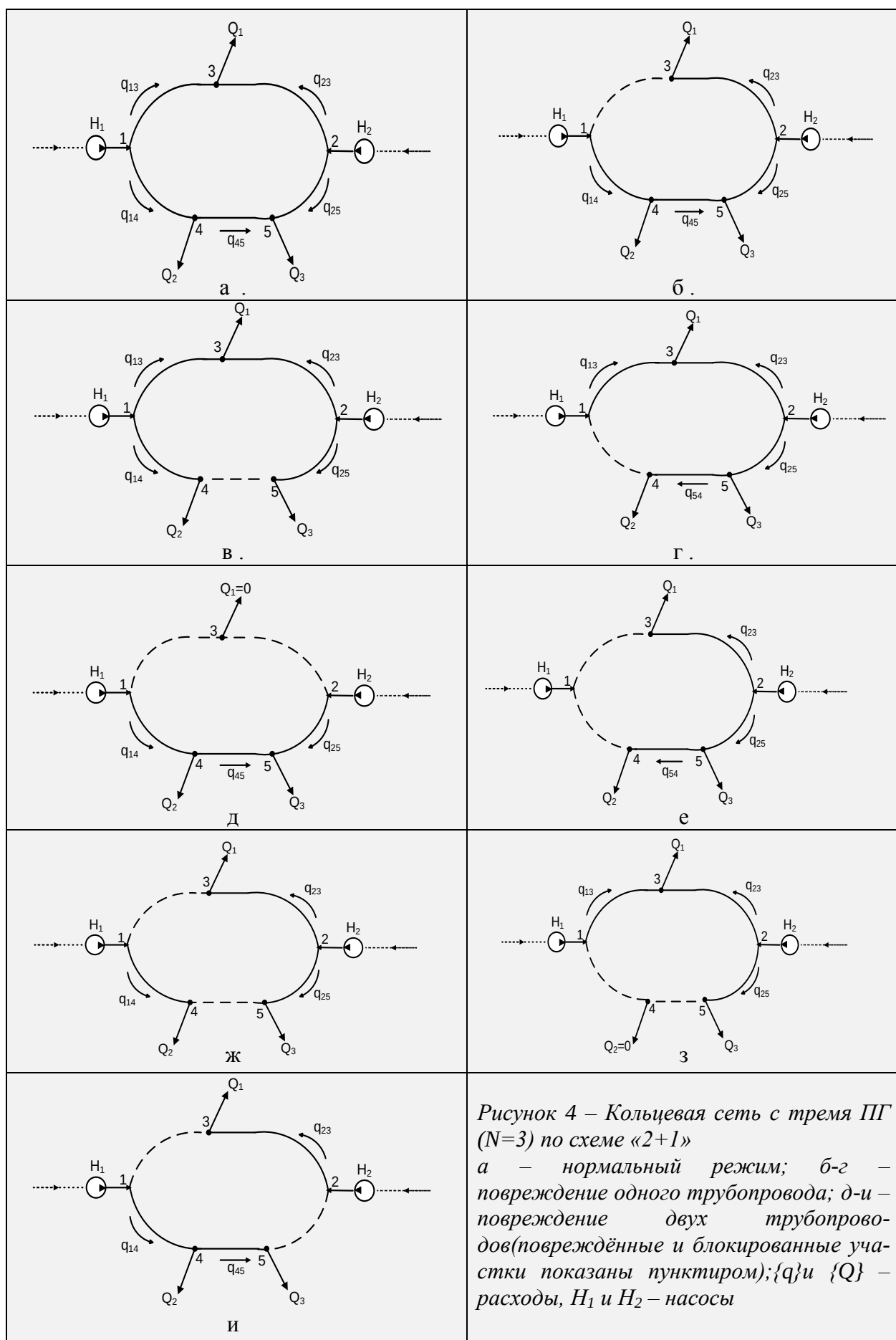


Рисунок 3 – Кольцевая сеть с двумя ПГ ($N=2$) по схеме «1+1»
а – нормальный режим; б – повреждение одного трубопровода; в, г – повреждение двух трубопроводов (повреждённые и заблокированные участки показаны пунктиром); $\{q\}$ и $\{Q\}$ – расходы, H_1 и H_2 – насосы



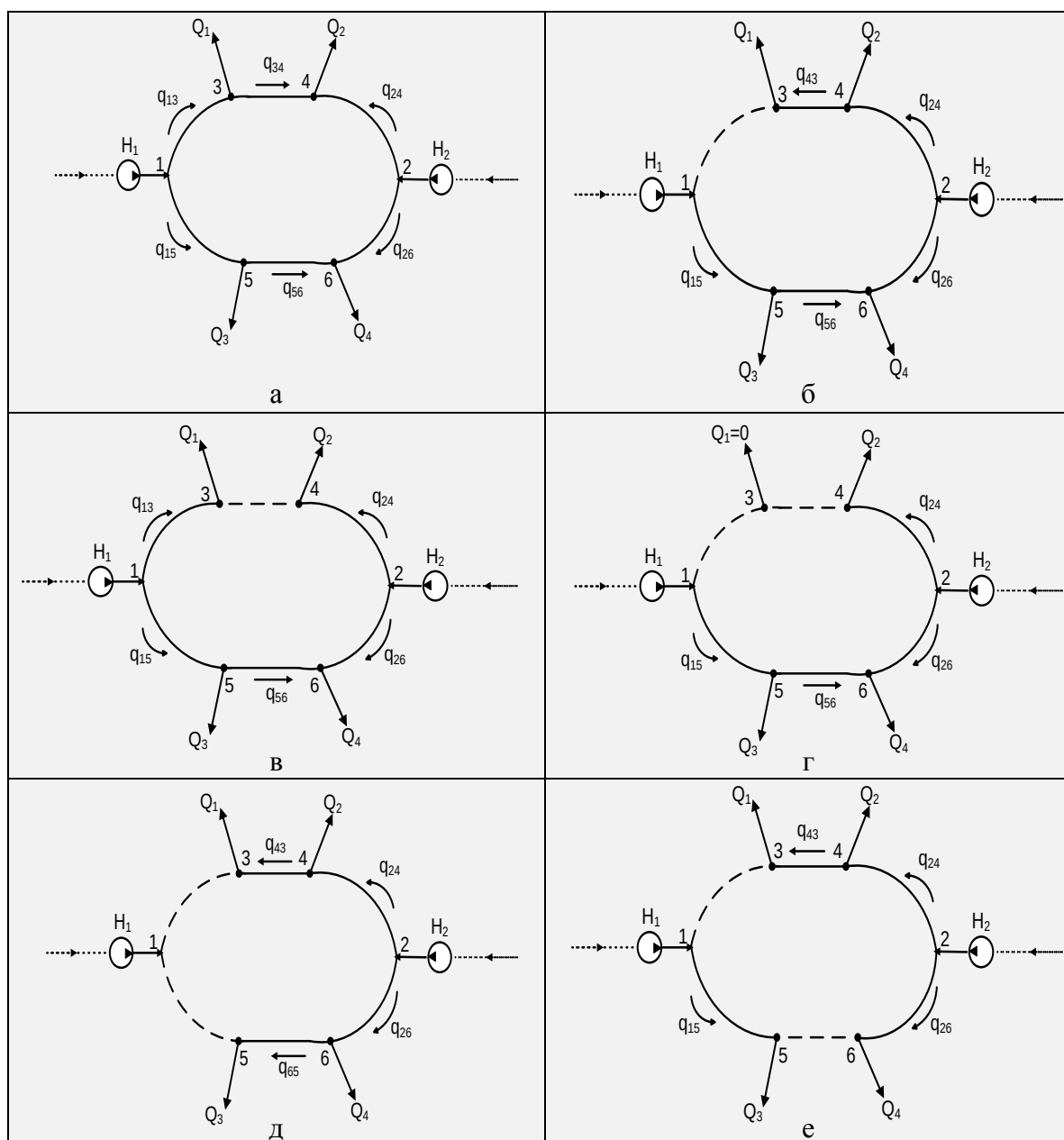


Рисунок 5 – Кольцевая сеть с четырьмя ПГ ($N=4$) по схеме «2+2»
 а – нормальный режим; б, в – повреждение одного трубопровода; г-е – повреждение двух трубопроводов (повреждённые и заблокированные участки показаны пунктиром); $\{q\}$ и $\{Q\}$ – расходы, H_1 и H_2 – насосы

Таким образом, в данной работе сформулировано понятие живучести применительно к сети НППВ, которая может быть повреждена в результате внутренних или внешних причин, в частности аварийных ситуаций (взрывов) на предприятиях НХП. Приведены выражения для количественной оценки живучести сетей в виде коэффициентов, учитывающих как относительное число работоспособных ПГ, так и относительную водоотдачу сети НППВ с учётом повреждений.

Список литературы

1. Мастепанов А.М. Топливо–энергетический комплекс России на рубеже веков – состояние, проблемы и перспективы развития: справочно–аналитический сборник / А.М. Мастепанов – 3-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: Наука, 2010. 793 с.
2. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

3. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. М.: Химия, 1991. 432 с.
4. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С. Шароварников С.А. Тушение нефти и нефтепродуктов. М.: Изд.дом «Калан», 2002. 448 с.
5. Повзик Я С. Справочник руководителя тушения пожара. М.: ЗАО «Спецтехника», 2001. 361 с.
6. СП 8.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения.
7. Рекомендации по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах. Серия 09. Выпуск 35. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. 56 с.
8. Таранцев А.А., Пивоваров Н.Ю. Анализ водоотдачи кольцевой сети НППВ с учётом повреждений трубопроводов // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 6. С. 66-78.
9. Гуцыкова С.В. Метод экспертных оценок. Теория и практика. М.: Институт психологии РАН, 2011. 170 с.
10. Надежность и эффективность в технике Справочник в 10-и томах. Том 1. Методология, организация, терминология / Под ред. А.И.Рембеза. М.: Машиностроение, 1986. 224 с.
11. Надежность технических систем. Справочник / Под ред. И.А.Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. 608 с.
12. ГОСТ 27-002-89 Надежность в технике. Термины и определения (актуализированная версия 2018 г.).
13. Новый энциклопедический словарь. М.: БРЭ, 2003. 671 с.
14. ГОСТ 15.016-2016 Система разработки и поставки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению (применительно к машиностроению и приборостроению), п.3.6.
15. ГОСТ Р 53111-2008 Устойчивость функционирования сетей связи общего пользования.

УДК 614.83:519.688

ПРИРОДА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРНОГО РИСКА, СВЯЗАННОГО С ТРАНСПОРТОМ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ, СПОСОБЫ ЕЕ ОЦЕНКИ

Колесников Евгений Юрьевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности

ФГБОУ ВО Поволжский государственный технологический университет
424000, Россия, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, e.konik@list.ru

Аннотация. Транспорт нефти и нефтепродуктов сопровождается повышенной пожарной опасностью. Для управления ею, наряду с традиционным государственным надзором, используется риск-ориентированный подход. Ключевой проблемой последнего является анализ и количественная оценка неопределенности, сопровождающей все этапы процедуры количественной оценки пожарного риска. Принято выделять четыре типа такой неопределенности. Для количественной оценки неопределенности применяют вероятностные и детерминированные методы. Первые имеют ограниченную применимость для большей части взрывопожароопасных объектов. Самым универсальным из методов второй группы является интервальная постановка задачи.

Ключевые слова: транспорт нефти и нефтепродуктов, пожарная безопасность, пожарный риск, оценка неопределенности.

THE NATURE OF FIRE RISK UNCERTAINTY, ASSOCIATED WITH CRUDE OIL AND PETROCHEMICALS TRANSPORTATION, THE METHODS OF ITS QUANTIFICATION

Kolesnikov Evgeny Yu. – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of health and safety

Povolzhsky state technological university

Lenin Square, 3, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation, e.konik@list.ru

Abstract. *Increased fire danger accompanies the transportation of crude oil and petroleum products. To manage it, along with the traditional state supervision, one uses a risk-oriented approach. Its key issue is analysis and quantification of the uncertainty that escorts all stages of the QRA procedure. One distinguishes usually four types of such uncertainty. For quantitative estimates of uncertainty, probabilistic and deterministic methods are used. The first ones have limited applicability for most of the fire and explosion hazard objects. The most universal of the methods of the second group is an interval statement of the problem.*

Keywords: *crude oil and petrochemicals transportation, fire safety, fire risk, uncertainty quantification.*

Транспорт нефти и нефтепродуктов любыми видами транспорта – наземным, морским или трубопроводным сопровождается повышенной пожарной опасностью.

Наряду с традиционным детерминистическим (закрывающимся в тщательной регламентации и государственном надзоре) методом управления пожарной безопасностью уже примерно полтора десятка лет в России применяется альтернативный метод, основанный на анализе и количественной оценке риска (КОР). Использование в области пожарной и промышленной безопасности основанной на риске методологии, разработанной в США в 60-х – 70-х годах прошлого века, началось в нашей стране с принятием ряда Федеральных законов и нормативно-технических документов.

Риск-методология имеет ряд очевидных положительных качеств. Согласно американскому Руководству по количественной оценке риска химических производств достоинства методологии анализа риска заключаются не только в получении количественных оценок некоторых метрик риска, но и в способствовании лучшему пониманию природы опасностей.

Важнейшей заслугой методологии анализа и управления техногенным риском перед наукой является постановка проблемы количественной оценки неопределенности (КОН) результатов, полученных расчетным путем. Если в экспериментальных естественнонаучных исследованиях указание интервала неопределенности опытных данных давно стало научным стандартом и рутиной, то для теоретической науки это пока еще не так. Однако поскольку любое математическое моделирование с необходимостью сопряжено с неопределенностью, точечную форму представления его результатов следует рассматривать лишь как грубое (нулевое) приближение. Таким образом, неопределенность является атрибутом научного метода, как теоретического, так и экспериментального.

Впервые проблема существования и количественной оценки неопределенности параметров аварийного риска была поставлена в 1972 году научной группой профессора Н.Расмуссена уже в начале работы над отчетом о безопасности коммерческих ядерных реакторов "WASH-1400" [1].

Несколько позже, в своем первом отчете [2] (1983 г.) специально созданный решением американского конгресса комитет Национальной академии наук США пришел к заключению, что проблема существования и количественной оценки неопределенности является ключевой для риск-методологии в целом. Сложность данной проблемы оказалась очень значительной, что в своем отчете [3] (2009 г.) этот комитет констатировал, что она по-прежнему является первостепенной для КОР.

Неопределенность и два ее аспекта

Не учитывая тонкие различия между повторяемостью и воспроизводимостью экспериментальных данных, можно считать, что точность последних характеризуется величиной их разброса. А как оценить точность результатов математического моделирования? В особых условиях, когда значения параметров модельного уравнения а) неизменны; б) известны точно, они вполне обоснованно могут быть заданы точечными (скалярными) числами. В этом случае, пренебрегая неточностями вычислительных методов, в итоге расчета мы получим точный результат. Однако анализ показывает, что в реальных инженерных задачах эти условия соблюдаются крайне редко, так что вопрос о точности результатов теоретических исследований (моделирования) не является праздным.

Точность результатов научных исследований плотно сопряжена с понятием "неопределенность". Последнее является не то, чтобы новым для предметной области отечественной науки, но, совершенно очевидно, не относится к числу популярных. Между тем за рубежом ситуация совершенно иная – на "международном" английском языке опубликованы сотни трудов (монографий, отчетов, статей) по тематике неопределенности (uncertainty), ее анализа и количественной оценки. По данной тематике защищено множество диссертаций (PhD), ей посвящены специализированные научные журналы "International Journal for Uncertainty Quantification", "Journal of Uncertainty Analysis and Applications", "SIAM/ASA Journal on Uncertainty Quantification" и др. Следует отметить, что в последние годы ситуация улучшается – число публикаций на русском языке возрастает, хотя в целом пока наше отставание здесь велико.

Наиболее общо наличие неопределенности означает недостаток информации (знания) о ситуации, в пределе – его полное отсутствие. Считается, что впервые в научный оборот это понятие ввел экономист Виллет (Willet) в 1901 году своей PhD диссертации [4]. В современных экономических исследованиях *неопределенность* широко используется, когда речь идет о моделировании хозяйственных связей в условиях рынка.

В трактовке экономистов неопределенность есть понятие сугубо качественное, она характеризует такое состояние знаний о предмете исследования, для которого характерны недостаточное понимание основных действующих факторов и закономерностей их проявления, недостаток и/или неоднозначность имеющейся информации об особенностях ситуации. Подобное состояние знаний не позволяет адекватно и с приемлемой точностью описать, смоделировать и, в конечном счете, предсказать поведение изучаемого объекта, развитие ситуации во времени и пространстве.

Однако у неопределенности имеется и количественный аспект, впервые идентифицированный современной метрологией. Начало этой интересной истории датируется концом 70-х годов прошлого века, когда в международной метрологии возник кризис традиционной парадигмы, связанной с понятием погрешности измерений. Со школьной скамьи память нашего поколения хранит четкое определение, согласно которому "погрешность измерения есть разница между результатом измерения и истинным значением величины". И все было хорошо до тех пор, пока стало не вполне понятно, чему равно это "истинное" значение...

В 1978 году, с учетом отсутствия международного единства по вопросу выражения неопределенности измерений, Международное бюро мер и весов (МБМВ) подготовило подробную анкету и разослало ее национальным метрологическим лабораториям 32-х стран и пяти международным организациям. На основании ответов, полученных от 21-й из них, специальная рабочая группа МБМВ подготовила Рекомендацию INC-1, в которой были сформулированы принципы Руководства по выражению измерительной неопределенности (GUM) [5]. Предложенный в INC-1 подход впоследствии был поддержан семью наиболее авторитетным международными научными организациями:

- Международное бюро мер и весов (BIPM = МБМВ);
- Международная организация по стандартизации (ISO = ИСО);
- Международная электротехническая комиссия (IEC = МЭК);
- Международный союз по чистой и прикладной химии (IUPAC = ИЮПАК);
- Международный союз по чистой и прикладной физике (IUPAP = ИЮПАП);
- Международная организация законодательной метрологии (OIML = МОЗМ);

– Международная федерация клинической химии (IFCC = МФКХ).

Согласно последнему на сегодняшний день, третьему изданию Международного словаря по метрологии [6] (VIM, 2008) *"неопределенность измерения – это неотрицательная величина, характеризующая рассеивание результатов измерения, которая может быть обоснованно приписана измеряемой величине на основании используемой информации"*.

Согласно GUM существуют два типа измерительной неопределенности:

- тип А – статистической природы;
- тип В – нестатистической.

Ситуация с неопределенностью типа А относительно проста, для ее количественной характеристики (величиной дисперсии или стандартного отклонения) достаточно обладать соответствующей статистикой экспериментальных данных. Подход GUM к неопределенности типа В менее очевиден, данное "Руководство..." полагает, что она также может быть оценена стандартным отклонением, величина которого может быть получена из функции плотности вероятности, основанной на экспериментальных данных или "иной информации"...

Неопределенность результатов моделирования аварий, сопровождающих транспорт нефти и нефтепродуктов

Как известно, изучение свойств природы в рамках научного метода возможно экспериментальными, либо – теоретическими методами. Важно отметить, неопределенность является атрибутом каждого из них.

Что касается экспериментальных работ, то, благодаря еще школьному образованию, исследователи хорошо знают, что измерительную неопределенность (по-старому – погрешность) содержат результаты любого опыта. Более того, научный стандарт требует представлять подобные научные результаты с указанием ее величины.

В части теоретического метода, так или иначе связанного с математическим моделированием, ситуация иная. Зачастую даже постановка проблемы наличия у результатов моделирования неопределенности, ее количественной оценки, вызывает у наших исследователей недоумение.

Отчего так происходит, в общем, понятно. Классическая механика, физика оперируют идеализированными моделями тел, сред, веществ, свойства которых задаются точечными числами. Классический математический анализ также изучает операции над скалярными числами. В итоге, в подавляющей части исследований параметры модельных уравнений, описывающих свойства моделируемых объектов, задаются точечными числами. Понятно, что и результатом таких вычислений будет скалярное значение искомого параметра. Неопределенности тут места нет. Однако если вдуматься, она присутствует всегда, только скрытно.

Для естественных наук, такое положение дел, по-видимому, приемлемо.

В инженерном деле ситуация иная. Каждый технический объект, его элементы из-за технологического разброса уникальны уже при изготовлении, в процессе эксплуатации эти различия только возрастают, а значения их параметров обычно варьируют во времени. Возможно, в случае шариков подшипника, подобными различиями можно пренебречь, в случае же, например, больших резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов на морских терминалах или железнодорожных узлах, этого делать уже нельзя.

Обеспечение пожарной безопасности процессов транспорта нефти и нефтепродуктов является частью более общей инженерной задачи обеспечения ее эффективности. Считается, что проблема наличия, анализа и количественной оценки неопределенности впервые была поставлена в повестку инженерной науки именно в области безопасности высокоэнергетических технических объектов. Это произошло в США в 1972 году, когда группе под научным руководством профессора Нормана Расмуссена было поручено выполнить сравнительный анализ безопасности американских коммерческих ядерных реакторов.

Огромная по объему работа была выполнена всего за три года, так что уже к концу 1975 года был подготовлен сам отчет WASH-1400 (NUREG-75/014) [1] и приложения к нему [7–10]. Он оказался во многих отношениях новаторским. Впервые в данном отчете был ис-

пользован метод экспертных оценок, впервые сделана попытка анализа и количественной оценки неопределенности (КОН).

Метод вероятностного анализа безопасности (ВАБ) получил дальнейшее развитие в последние два десятилетия прошлого века в США и западной Европе. Согласно разработанным там Руководствам анализ и оценка неопределенности стали обязательными для так называемого риск-ориентированного подхода.

Обязательность КОН означает, что при выполнении КОР, как и в современной метрологии, неопределенность результата расчета есть мера разброса численного значения, которое ему может быть обоснованно приписано на основании всей суммы имеющейся информации. Очевидно, что подобный подход совершенно адекватен любой инженерной задаче.

Источники неопределенности расчетов пожарного риска

Исследуя источники неопределенности результатов моделирования безопасности ядерных объектов, МАГАТЭ еще в 1989 году [11] идентифицировало два их принципиально различных вида:

- статистический (aleatory), возникающий из-за объективной изменчивости свойств Природы;
- эпистемический (epistemic), обусловленный недостаточности, искаженности имеющихся знаний.

Говоря иначе, первый источник неопределенности по своей природе объективен, поскольку величина переменного параметра (например, температура воздуха) в момент прогнозируемого события (аварии) неизвестна наперед. Второй источник неопределенности, напротив, субъективен. Еще одно различие между ними заключается в том, что неопределенность первого типа неустранима в принципе, в то время как вторая при получении новой информации может быть уменьшена.

Что касается типов неопределенности, то в целом среди специалистов достигнуто общее понимание. Принято различать следующие ее типы:

- *параметрический*, означающий тот факт, что величины параметров математической модели либо варьируют во времени, либо точно неизвестны. В этой связи их задание точечными числами является очень грубым (нулевым) приближением;
- *модельный*, обусловленный наличием альтернативных моделей, которые могут быть использованы для описания одного и того же явления или объекта;
- *терминологический*, отражающий различие трактовок разными специалистами одного и того же понятия, когда отсутствует его исчерпывающая формулировка. В наших работах показано, что этот тип неопределенности может приводить к количественным различиям в результатах расчета по одной и той же модели;
- *вычислительный*. В наше время аналитические расчеты являются анахронизмом, модельные уравнения решаются на ЭВМ методами приближенных вычислений. Из-за использования чисел с плавающей запятой, отбрасывания малых членов ряда, завершения итераций по заданному критерию и т.п. результат расчета приобретает дополнительную неопределенность. Особым случаем являются интервальные вычисления, для которых характерна собственная вычислительная неопределенность.

Источники неопределенности перечисленных типов присутствуют на всех этапах процедуры оценки пожарного риска, обусловленного транспортом нефти и нефтепродуктов

Методы количественной оценки неопределенности

Вообще говоря, возможны два подхода к выполнению КОН:

- а) вероятностный;
- б) детерминистический.

Первый из них рутинно используется в эксперименте после получения опытных данных необходимого объема. Возможность его применения в теоретических исследованиях появилась благодаря идее статистического моделирования (метода Монте Карло), предложенного Джоном фон Нейманом и Станиславом Уламом во второй половине 40-х годов прошлого века. Вероятностный подход предполагает оценку параметров функции вероятности – среднего, стандартного отклонения, доверительных интервалов и т.п. на основании

статистической обработки результатов, полученных в реальном или вычислительном эксперименте.

В рамках альтернативного подхода оцениваются границы интервала, в котором может меняться величина искомого параметра. Известно несколько методов детерминистического оценивания неопределенности: коэффициента неопределенности, граничных значений, интервальный. В детерминистической постановке оцениваются только границы диапазона неопределенности, никаких утверждений или оценок о поведении величины параметра внутри него не делается.

При сравнении обоих подходов по информативности выиграет, конечно же, вероятностный. Однако это его преимущество нивелируется одним важным обстоятельством, о котором часто забывают. Дело в том, что недетерминированность события не эквивалентна случайности, подразумевающей наличие статистической устойчивости, существование "закономерностей" распределения вероятности. Ситуация усугубляется тем, что термин "случайный" обычно трактуется слишком расширительно, а специальный термин для недетерминированных, но и не случайных событий, в русском языке отсутствует.

При выборках "однородных" объектов достаточно большого объема требование статистической устойчивости вполне обеспечивается, поэтому вероятностное описание уместно. Однако индивидуальные различия обычных технологических объектов настолько велики, что они не образуют генеральной совокупности, поэтому вероятностный подход для описания их свойств неправомерен.

Одновременно использование детерминистического подхода к выполнению КОН менее обусловлено и потому более универсально. Одним из его вариантов является интервальная постановка задачи.

В последние десятилетия получил значительное развитие интервальный анализ – раздел математики, который можно использовать как превосходный инструмент для обращения с ограниченными неопределенностями. Величина последних может быть задана интервальными числами (интервалами). Долгое время его широкому использованию на практике мешали негативные эффекты, порождающие в ряде случаев значительное уширение (неправомерное увеличение ширины) результата интервальных вычислений. На сегодняшний день методы подавления этих негативных эффектов не только теоретически обоснованы, но и, что важнее для практиков, реализованы в специализированных пакетах интервального анализа (например, INTLAB, являющимся интервальным приложением к MATLAB).

В этой связи принципиальное значение имеет одно недавнее событие – в ноябре 2016 года IUPAC опубликовал Периодическую таблицу элементов (Д.И.Менделеева), в которой атомные веса ряда элементов (H, Li, Mg и др.) впервые указаны в виде интервальных чисел. Похоже, пришло время начинать освоение интервального анализа!

Основным выводом является тезис, что привычный подход в математическом моделировании с использованием точечных значений параметров должен быть признан устаревшим. Неопределенность используемых параметров модели имеется всегда (или почти всегда), и ее следует учитывать. Интервальная постановка задачи позволяет это сделать, она дает возможность количественно оценить неопределенность получаемого результата.

Список литературы

1. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risk in Commercial Nuclear Power Plants. WASH-1400 (NUREG-75/014). Main report, 1975.
2. US National Research Council. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. National Academy Press, Washington, D.C., 1983.
3. US National Research Council. Science and decisions. Advanced risk assessment. Washington, D.C.: National Academy Press, Washington, D.C., 2009.
4. Willett A.H. The economic theory of risk and insurance / A. H. Willett. Reprint, Homewood, Illinois; Richard D. Irwin Inc; 1901.

5. JCGM 100:2008 GUM 1995 with minor corrections Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement.
6. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). 3-rd ed. JCGM, 2008. –104 p.
7. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risk in Commercial Nuclear Power Plants. WASH-1400 (NUREG-75/014). Appendix III. Failure data, 1975. –104 p.
8. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risk in Commercial Nuclear Power Plants. WASH-1400 (NUREG-75/014).Appendix V. Quantitative results of accident sequences, 1975. – 142 p.
9. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risk in Commercial Nuclear Power Plants. WASH-1400 (NUREG-75/014). Appendix VI. Calculation of reactor accident consequences, 1975. – 500 p.
10. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Reactor Safety Study – An Assessment of Accident Risk in Commercial Nuclear Power Plants. WASH-1400 (NUREG-75/014). Appendix VII. Release of radioactivity in reactor accidents, 1975. – 292 p.
11. IAEA Safety series № 100. Evaluating the reliability of prediction made using environmental transfer models –IAEA, Vienna, 1989.

УДК 658.71.08

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

Дормидонтов Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры обеспечения авиационной безопасности

Миронова Лидия Владимировна – ассистент кафедры обеспечения авиационной безопасности

ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева

432071, Россия, Ульяновская область, г. Ульяновск, ул. Можайского, д. 8/8, oabuvauiga@mail.ru

Аннотация. В статье описывается подход к проведению оценки эффективности (контролю качества мер) по обеспечению транспортной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры воздушного транспорта. Используя соотношение роста, предлагается оценивать эффективность исходя из установленной категории объекта транспортной инфраструктуры воздушного транспорта.

Использование подхода возможно при исследовании математической модели защитник-нарушитель.

Ключевые слова: эффективность, аппарат защитник-нарушитель, угроза, уязвимость, авиационная безопасность, транспортной безопасность, объект транспортной инфраструктуры, воздушный транспорт.

APPROACH TO ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF MEASURES TO ENSURE TRANSPORT INFRASTRUCTURE OBJECTS SECURITY

Dormidontov Alexander V. – Ph.D., associate professor of Department of providing of aviation security

***Abstract.** The article is described an approach to the assessment of efficiency (quality control measures) to ensure transport security at transport infrastructure objects. It is proposed to evaluate the efficiency based on the established category of the transport infrastructure object, using model of growth.*

Approach is used in the study of the mathematical model of the Defender-Offender.

***Keywords:** efficiency, predator-prey model, threat, efficiency, aviation security, security of transport, transport infrastructure object, air transport.*

Многие ученые в области обеспечения безопасности, начиная с 2010-х годов, говорят о необходимости применения количественных методов оценки показателей деятельности обеспечения авиационной (транспортной) безопасности (опасности, угроз, уязвимостей, рисков) на объектах транспортной инфраструктуры (далее – ОТИ) воздушного транспорта с целью оценки состояния авиационной (транспортной) безопасности (получения количественных данных по уровню обеспечения безопасности ОТИ). На сегодняшний день государство предпринимает попытки по оценке уровня авиационной (транспортной) безопасности объектов транспортной инфраструктуры, в том числе воздушного транспорта, но установленной методики, позволяющей оценивать изменение степени защищенности ОТИ воздушного транспорта от угроз нарушителя в зависимости от изменения степени угрозы нарушителя, не существует.

В Руководстве по организации контроля за обеспечением авиационной безопасности [1] сказано, что обязанность администрации аэропорта добиваться и требовать наличия эффективной системы реагирования на угрозы и происшествия. В Российском законодательстве также предусмотрено проведение на авиапредприятии оценки эффективности (контроля качества) мер по обеспечению транспортной безопасности ОТИ в соответствии с установленным порядком. Данное обязательство установлено требованиями по обеспечению транспортной безопасности, в том числе антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий ОТИ воздушного транспорта, утвержденных постановлением Правительства РФ от 28.07.2018 № 886 [2].

На сегодняшний день определенной количественной методики как оценивать эффективность мер обеспечения безопасности нет, но многие авторы предлагают различные количественные методы оценки параметров системы обеспечения безопасности.

Эффективность – это соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами [3]. В сфере технических средств обеспечения безопасности ГОСТ 34.003.90 определяет эффективность автоматизированной системы как «свойство, характеризующее степень достижения целей, поставленных при создании системы» [4]. Исходя из данных определений, эффективность мер обеспечения безопасности на объекте транспортной инфраструктуры воздушного транспорта – это способность системы противостоять направленным на него угрозам террористического характера. Таким образом, уровень защищенности объекта транспортной инфраструктуры воздушного транспорта характеризует эффективность мер обеспечения безопасности на данном объекте.

Одним из наиболее простых способов проведения оценки эффективности мер по обеспечению авиационной безопасности на предприятии является отслеживание динамики уровня эффективности таких мер. Рассматривая процесс изменения уровня ОАБ как непрерывный, можно воспользоваться аппаратом дифференциального исчисления для оценки его динамики. Если говорить о динамике (росте и спаде уровня эффективности), то ее можно выразить через экспоненту (число e), так как оно является базовым соотношением роста всех непрерывно растущих процессов (характеризует темп роста) [5].

Эффективность системы мер обеспечения АБ можно рассматривать исходя из установленной на объекте категории [6]. Принимая темп роста пропорциональным экспоненте,

можно установить предельные значения возможного изменения уровня эффективности системы ОАБ за единичный промежуток времени, при котором система удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям (эффективна) в различных системах измерения. Результаты расчетов по 10-бальной шкале представлены в таблице 1.

Таблица 1 – значения предельного показателя эффективности для различных критериев категорирования

Критерий категорирования	Категория ОТИ	Количественный показатель	Предельное значение показателя эффективности
Суммарный ущерб от АНВ	1	< 10 млн. руб.	0,18
	2	от 10 до 100 млн. руб.	0,5
	3	от 100 до 250 млн. руб.	1,35
	4	от 250 до 500 млн. руб.	3,68
	5	> 500 млн. руб.	10
Количество пострадавших в результате АНВ	1	до 40 чел.	0,18
	2	от 40 до 100 чел.	0,5
	3	от 100 до 500 чел.	1,35
	4	от 500 до 2000 чел.	3,68
	5	более 2000 чел.	10

Исходя из полученных предельных значений показателя эффективности, можно проследить насколько критичное значение имеет динамика уровня защищенности ОТИ. Например, на ОТИ 3 категории изменение уровня эффективности системы обеспечения авиационной (транспортной) безопасности колеблется в диапазоне от 1,35 до 3,68, что в процентном выражении показывает, что изменение данного уровня более чем на 36,8 % указывает на ее неудовлетворительное (неэффективное) состояние.

Таким образом, использовать описанный подход можно при исследовании показателя эффективности (уровня угрозы и уязвимости) с помощью аппарата защитник-нарушитель [7, 8]. На 1 уровне принятия решения возможно исследование динамики изменения уровня угрозы и уровня уязвимости ОТИ. На 2 уровне принятия решения – исследование изменения каждого коэффициента, входящего в описанную систему с помощью аппарата желательности Харрингтона, показывающего, какой вес имеет значение каждого коэффициента в общей системе уравнений [9].

Список литературы

1. Руководство по организации контроля за обеспечением авиационной безопасности. Дос 10047. Изд. 1 Монреаль: ИКАО. 2015 г. 72 с.
2. Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств воздушного транспорта : Постановление Правительства РФ от 28.08.2018 № 886.
3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения словарь (с Поправкой). Введ. 2015-11-01. М.: Стандартинформ. 2015. 59 с.
4. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. Введ. 1992-01-01. М.: Стандартинформ. 1990. 26 с.
5. Горобец Б. Мировые константы «пи» и «е» в основных законах физики и физиологии / Б. Городец // М.: Наука и жизнь. 2004. № 2. С. 22–29.

6. О порядке установления количества категорий и критериев категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств компетентными органами в области обеспечения безопасности : Приказ Минтранса РФ от 21.02.2011 № 62.

7. Миронова Л.В. Оценка уровня безопасности объектов транспортной инфраструктуры с использованием математической модели противодействия // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию гражданской авиации России. – М.: ИД Академии Жуковского. 2018. С. 119.

8. Дормидонтов А.В. О возможности применения математической модели противодействия к оценке уровня безопасности объектов транспортной инфраструктуры / А.В. Дормидонтов, Л.В. Миронова, В.С. Миронов // М.: Научный вестник МГТУ ГА. 2018. № 3. С. 67–77.

9. Дормидонтов А.В. Методика оценки внутренних и внешних факторов функционирования объекта транспортной инфраструктуры с помощью коэффициента желательности / А.В. Дормидонтов, Л.В. Миронова, В.С. Миронов // Вестник транспорта. 2017. № 10. С. 31–33.

УДК 621.396

ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Самигуллин Гафур Халафович – доктор технических наук, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, samigullin.g@igps.ru

Аннотация. К трубопроводному транспорту предъявляются требования по обеспечению промышленной безопасности, уровень которой оценивается расчетными методами. Наиболее прогрессивными методами оценки являются гибридные модели, объединяющие вероятностные и детерминированные подходы. Целью настоящей работы является оценка безопасности трубопроводов путем расчета вероятности безотказной работы оборудования и трубопроводов на основе вероятностно-детерминированной модели. Разработанный алгоритм определения безотказной работы может применяться как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации объектов трубопроводного транспорта.

Ключевые слова: трубопроводный транспорт, промышленная безопасность, внутренние напряжения, вероятность, математическая модель, алгоритм расчета.

EVALUATION OF SAFETY OF PIPELINE TRANSPORT

Samigullin Gafur Khalafovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of fire safety of technological processes and productions

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, samigullin.g@igps.ru

Abstract. The requirements for ensuring industrial safety, the level of which is estimated by calculation methods, are imposed on pipeline transport. The most advanced evaluation methods are hybrid models that combine probabilistic and deterministic approaches. The aim of this work is to develop an algorithm for calculating the probability of failure-free operation of equipment and pipelines on the basis of probabilistic-deterministic model. The developed algorithm for determin-

ing the failure-free operation can be used both at the design stage and at the stage of operation of pipeline transport facilities.

Keywords: pipeline transport, industrial safety, internal stresses, probability, mathematical model, calculation algorithm.

Трубопроводный транспорт энергоресурсов занимает ведущую роль в структуре топливно-энергетического комплекса страны. Обеспечение промышленной и пожарной безопасности элементов трубопроводного транспорта является важной задачей, решение которой базируется на оценке вероятности безотказной работы оборудования и трубопроводов.

Известно [1], что решение задач по обеспечению надежности опасных производственных объектов связано применением двух математических моделей двух классов:

- вероятностно-статистических (учитывающих случайную природу возникновения дефектов либо статистику разрушения материалов), в которых функции не имеют конкретного физического смысла, используются в качестве формального параметра с диапазоном измерения от 0 до 1 и имеют смысл оценки вероятности безотказной работы, уровня промышленного риска или риска аварии;

- детерминистических (основанных на физических законах механики разрушения), где функциям придается некоторый физический смысл: изменения во времени нагружения, сопротивления, поврежденности, деформаций, а также различных коэффициентов запаса (по ресурсу, предельным состояниям и т.д.).

Каждый из приведенных классов моделей имеет свои достоинства и недостатки, поэтому для решения общих задач наиболее целесообразно использовать так называемые гибридные модели, оценивающие вероятностные параметры физически детерминированных величин.

Значения технологических нагрузок, действующих в течение длительного времени на элементы трубопроводов, в частности, внутреннее давление $p(x)$ и уровень внутренних напряжений $\sigma(x)$ в стенках оборудования могут быть удовлетворительно описаны нормальным законом распределения [2].

Кроме технологической нагрузки, уровень действующих напряжений зависит от геометрических параметров сечения, воспринимающего внутреннее давление $p(x)$. В процессе функционирования объектов трубопроводного транспорта величина внутренних напряжений $\sigma(x)$ будет постепенно дрейфовать – «снижаться» как вследствие деградации прочностных свойств материалов, так и по причине утонения стенок оборудования и трубопроводов. Величина изменения толщины стенки, как правило, определяется прямыми измерениями. При этом целесообразно использовать в расчетах не среднюю $T(x)$, а вероятностную (т.н. «минимально возможную») величину измеряемого показателя – толщины стенки T_v^{min} , поскольку общая площадь измерений составляет лишь малую часть от полной площади рассматриваемого объекта. Минимально возможная величина параметра рассчитывается исходя из предположения, что в процессе выборочных измерений область, имеющая фактическое минимальное значение не была обнаружена [3].

При определении T_v^{min} учитываются объективные погрешности – ошибка метода и средства измерения T_g , ошибка от выборочности контроля T_m и среднее значение измеренного параметра по замерам $T(x)$

$$T_v^{min} = T(x) - T_g - T_m. \quad (1)$$

Ошибка метода и средства измерения определяется по формуле с учетом паспортной ошибки прибора d , исходной исходного значения измеряемого параметра $T_{исп}$ и количества измерений N

$$T_g = \frac{(d + 0,01 * T_{исп}) * K_s}{3 * \sqrt{N}}. \quad (2)$$

В формуле (2) коэффициент K_s – квантиль распределения Стьюдента, нормируемый достоверностью прогноза γ [1].

Ошибка от выборочности контроля определяется шириной доверительного интервала, равного произведению среднего квадратического отклонения S на коэффициент интервальной оценки k [3].

$$T_m = k * S. \quad (3)$$

Принцип оценки уровня безотказности объектов трубопроводного транспорта можно проиллюстрировать графически (рис. 1).

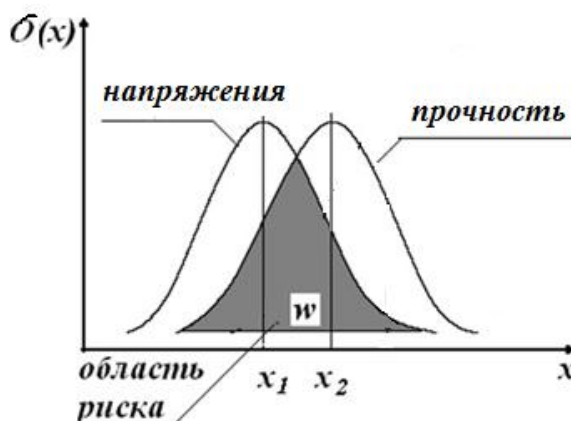


Рисунок 1 – Иллюстрация оценки безопасности эксплуатации объектов трубопроводного транспорта: $\sigma(x)$ – внутренние напряжения в стенках оборудования и трубопроводов; $[\sigma]$ – предельное значение прочности; w – область риска возникновения аварии; x_1 – начальный момент времени, x_2 – расчетный момент времени

Техническое состояние объектов трубопроводного транспорта будет характеризоваться убывающей величиной диапазона $\Delta = X_2 - X_1$, которая может выступать как показатель запас прочности некоторого рассматриваемого элемента трубопроводной системы, а заштрихованная область будет характеризовать вероятность возникновения отказа или аварии. Критическим будет момент исчерпания имеющегося запаса $\Delta = 0$, при котором наступает разрушение рассматриваемого элемента оборудования или трубопровода с вероятностью, близкой к единице. Определяющими показателями в данной модели являются параметры деградации прочности материалов и величина нагрузок, действующих на элементы конструкции.

Принимая в соответствии работой [4], что внутренние напряжения $\sigma(x)$ от действия нагрузки $p(x)$ имеют нормальное распределение с параметрами: среднее значение $M\sigma$ и среднеквадратичное отклонение $S\sigma$, а прочность элементов трубопроводного транспорта (для упрощения) считать постоянной по времени параметрами $M[\sigma]$ и $S[\sigma]$ соответственно, правилу определения закона распределения функции случайного аргумента [5], получаем:

$$f_1(\sigma(x)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S\sigma} \exp \left[-\frac{(\sigma(x) - M\sigma)^2}{2S\sigma^2} \right] \quad (4)$$

$$f_2([\sigma]) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S[\sigma]} \exp \left[-\frac{([\sigma] - M[\sigma])^2}{2S[\sigma]^2} \right] \quad (5)$$

где $f_1(\sigma(x))$, $f_2([\sigma])$ – функции распределения соответственно для действующих напряжений $\sigma(x)$ и прочности $[\sigma]$; $M\sigma$, $M[\sigma]$, – математическое ожидание для действующих напряжений и прочности; $S\sigma$, $S[\sigma]$ – среднеквадратичное отклонение для действующих напряжений $\sigma(x)$ и прочности $[\sigma]$.

Разность $[\sigma]-\sigma(x)$ также будет распределена по нормальному закону $g([\sigma]-\sigma(x))$ с математическим ожиданием M_g и дисперсией D_g :

$$M_g = M_{[\sigma]} - M_{\sigma} \quad (6)$$

$$D_g = D_{[\sigma]} + D_{\sigma} \quad (7)$$

$$S_g = \sqrt{D_g} \quad (8)$$

где g – функция распределения случайной величины $\sigma(x)-[\sigma]$; M_g , D_g , S_g – значения математического ожидания, дисперсии и среднеквадратичного отклонения разности $([\sigma]-\sigma(x))$; D_{σ} , $D_{[\sigma]}$ – дисперсии соответственно для действующих напряжений $\sigma(x)$ и прочности $[\sigma]$.

Зная параметры распределения $g([\sigma]-\sigma(x))$, можно определить вероятность безотказной работы [6]:

$$P(0 < ([\sigma]-\sigma(x)) < \infty) = \int_0^{\infty} g([\sigma]-\sigma(x)) d([\sigma]-\sigma(x)) = \Phi\left(\frac{M_g}{S_g}\right), \quad (9)$$

где $\Phi\left(\frac{M_g}{S_g}\right)$ – функция нормального распределения.

Вероятность возникновения аварии H определяется соответственно:

$$H = 1 - P \quad (10)$$

По приведенным формулам, по показателям остаточной толщины стенки трубопроводов и оборудования, можно оценить расчетные значения вероятности аварии либо безотказной работы элементов трубопроводного транспорта [7] нефтегазовых предприятий как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации. Уровень обеспеченности промышленной безопасности можно считать удовлетворительным [8], если расчетное значение вероятности безопасной работы будет выше требуемого, установленного действующими нормативами в области промышленной безопасности.

Список литературы

1. Беляев К.А., Богатырев В.А., Болотин В.В. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И.А. Ушакова. М.: Радио и связь. 1985. 608 с.
2. Болотин В.В. Прогнозирование и нормирование ресурса машин // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. № 7. С. 3–10.
3. Самигуллин Г.Х. Безопасность эксплуатации зданий и сооружений нефтегазовых предприятий / Под ред. И.Р. Кузеева. СПб: «Лема». 2015. 138 с.
4. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений / М.: Изд-во «АСВ». 2010. 384 с.
5. Шульман Г.С., Романов М.В. Надежность инженерных сооружений: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГТУ. 2001. 48 с.
6. Кузеев И.Р., Самигуллин Г.Х. Живучесть и ресурс производственных зданий и сооружений / Под ред. И.Р. Кузеева. СПб: Изд-во «Лема». 2016. 59 с.
7. Самигуллин Г.Х. Оценка остаточного ресурса длительно эксплуатируемых вертикальных цилиндрических резервуаров // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2015. № 1. С. 14–18.
8. Малов Е.А., Махутов Н.А., Ханухов Х.М. Новый нормативный документ по обследованию и анализу безопасности зданий и сооружений, дымовых и вентиляционных промышленных труб // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 9. С. 62–63.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

Емельянова Анна Николаевна – преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, emelyanova_a.n@mail.ru

Скрипник Игорь Леонидович – кандидат 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., д. 149, ig.skripnick2011@yandex.ru

Воронин Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, wsw1@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы классификации опасных грузов. Анализ нормативно-правовых актов показал, что должны быть разработаны критерии классификации и оценки опасности опасных грузов. Предложена концепция разработки лабораторного комплекса, позволяющего проводить первоначальное и контрольное определение показателей опасности грузов.

Ключевые слова: транспорт, груз, перевозка, правила, нормы, документы, классификация, комплекс, критерий.

SOME ISSUES OF TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS

Emelyanova Anna N. – Teacher of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, emelyanova_a.n@mail.ru

Skripnik Igor L. – PhD, Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, g.skripnick2011@yandex.ru

Voronin Sergey V. – PhD, Associate Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, wsw1@yandex.ru

Abstract. The paper deals with the classification of dangerous goods. Analysis of legal acts showed that criteria for classification and assessment of dangerous goods should be developed. The concept of development of the laboratory complex allowing carrying out initial and controlling definition of indicators of danger of freights is offered.

Keywords: transport, cargo, transportation, rules, regulations, documents, classification, complex criterion.

В настоящее время вопросы пожаробезопасной перевозки опасных грузов имеют актуальное значение [1]. Доставка грузов производится комбинированным способом, различными видами транспорта с промежуточными перегрузками и хранением [2]. Они не регламентируются и не регулируются Международной Конвенцией или Национальным законодательством. При этом главной задачей является унификация требований пожарной безопасно-

сти при смешанной транспортировке грузов [3–5]. Возможность образования горючей среды, ее зажигания при транспортировке и хранении опасных грузов (ОГ) очень высоки [6].

Так же существует проблема подготовки высококвалифицированных кадров в области перевозки ОГ, поскольку нормативная база очень большая, разнообразная и противоречивая.

Анализ причин, как разливов нефтепродуктов, так и аварийных ситуаций с генеральными и навалными грузами показывает, что не всегда в сопроводительной грузовой документации указанная классификация грузов соответствует действительности. Правильность классификации опасных грузов существенно зависит от выполнения требований и методик, рекомендуемых в соответствующей нормативной базе.

При приемке, хранении, погрузке экспортных грузов идентификации грузов классов 3, 8, 9 у многих участников транспортного процесса вызывают недопонимания и сложности.

Предложенные в [4] показатели отнесения грузов к подклассу 9.1 (в Типовых правилах такого подкласса нет) в практической деятельности вызывают необходимость его рассматривать как опасный. Это создает дополнительные трудности нахождения рынков сбыта Российской продукции. Такие же вещества, изготавливаемые в других странах, перевозятся как неопасные, а наши изделия требуют дополнительных денежных средств при организации их перевозки, перегрузки и хранении.

Неправильность положений ГОСТа является причиной того, что любой производитель РФ может вводить «собственную классификацию» опасных грузов.

Даже не проводя дальнейших примеров, становится очевидным, что критерии классификации и оценки опасности ОГ должны быть приведены в соответствие с международными нормативными актами или иметь достаточное основание для их пересмотра [4, 5, 7].

Это несоответствие в связи с отсутствием в РФ закона об опасных грузах можно минимизировать, если разработать концепцию Государственной системы обеспечения безопасности перевозки ОГ и сформулировать основные направления ее развития. Практической задачей этой концепции должно стать создание лабораторного комплекса по классификации и идентификации (сертификации) ОГ, предназначенного для первоначального и контрольного определения показателей опасности грузов по методикам, регламентированных в ГОСТ 19433 при согласовании методик с требованиями их определения согласно Руководству по испытаниям и критериям Типовых правил ООН.

Знать, учитывать и работать над устранением такого несоответствия позволит специалистам ГПС МЧС России не только контролировать соблюдение Норм и Правил пожарной безопасности (противопожарного режима) и предупреждать возникновение пожаров в цепи поставок грузов, но и успешно ликвидировать последствия других возможных ЧС [8, 9].

Для транспортной отрасли РФ необходимо иметь концепцию Государственной системы обеспечения безопасности перевозки опасных грузов и сформулировать основные направления ее развития [4].

Одна из практических задач такой концепции – создание лабораторного комплекса по классификации и идентификации (сертификации) ОГ, предназначенного для первоначального и контрольного определения показателей опасности грузов по методикам, регламентированных в [4] при согласовании методик с требованиями их определения согласно Руководству по испытаниям и критериям Типовых правил ООН. На основе проведенного анализа нормативно-правовой и лабораторно-технической базы, методов классификации опасных грузов по ГОСТ 19433 (национальный документ), международным Кодексам по транспортировке ОГ различными видами транспорта и Руководству по испытаниям и критериям, предложен эскизный проект лабораторного комплекса, включающий выбор помещений, обоснование их назначения, размещение лабораторного оборудования с учетом нормативных требований по проектированию.

Рекомендовано осуществить проектирование комплекса по классификации опасных грузов классов 3, 4, 5.1, 9.2.

Посредством инженерных расчетов показана целесообразность использования усовершенствованного метода калориметрирования для классификации и назначения безопасных режимов и условий хранения и транспортировки грузов класса 4.2.

Список литературы

1. Гаращук О.А. Правовые проблемы обеспечения безопасности перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом // Научный журнал «Транспортное право и безопасность». 2016. Выпуск № 11 [11]. С. 27–40.
2. Одинцов Л.Г., Запорожец А.И., Хакиев З.А. Особенности перевозки опасных грузов автомобильным транспортом // Научно-технический журнал «Технологии гражданской безопасности». 2009. Том № 5. Выпуск № 1–2. С. 97–101.
3. Шиленков Д.В. Нормативное правовое обеспечение перевозок автомобильным транспортом грузов повышенной опасности // Электронный журнал «Автотранспортное предприятие». 2015. Выпуск № 4. С. 2–5.
4. Евсеева А.А., Красникова Д.А., Абрамов Н.В. Совершенствование законодательства в области перевозок опасных грузов // Электронный журнал «Техническое регулирование в транспортном строительстве». 2017. Выпуск № 4 [24]. С. 15–18.
5. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Организационные меры для обеспечения комплексной безопасности при транспортировке опасных грузов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 26 дек. 2017 г. / Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановский пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. – Воронеж, 2017. С. 166–170.
6. Пименова М.А., Скрипник И.Л., Воронин С.В. О необходимости учета показателей пожарной опасности отходов при назначении их класса опасности // Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной жизнедеятельности населения» 27 сентября 2017 года. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. С. 299–301.
7. Ларев В.Ю. Некоторые аспекты гражданского права по вопросу международных перевозок опасных грузов // Научный журнал «Крымский академический вестник». 2017. выпуск № 3. С. 66–70.
8. Трясцин А.П. Методологические особенности анализа и оценки риска при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом // Журнал «Мир транспорта и технологических машин». 2009. Выпуск № 2 (25). С. 114–121.
9. Синицын В.В., Татаринов В.В., Кирсанов А.А. Методика построения программно-аппаратного комплекса для оповещения об аварии с опасным грузом на автотранспорте // Научно-методический и информационный журнал «Безопасность в техносфере». 2017. Том № 6, Выпуск № 6. С. 61–67.

УДК 621.396

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОГО РИСКА НА ПЕРЕХОДАХ ГАЗОПРОВОДОВ ЧЕРЕЗ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ (НА ПРИМЕРЕ КОЛЬЦЕВОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Джаббаров Элвин-Хангар Оглы – инспектор 66 пожарно-спасательной части
ФГКУ 14 отряд ФПС г. Санкт-Петербург
191024, Россия, Санкт-Петербург, 3-я Советская улица, д. 50/3, elvin_dzhabbarov@mail.ru

Симонова Марина Александровна – кандидат технических наук, доцент, начальник
кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. Рассмотрен и проанализирован пожарный риск, возникающий на переходах газопроводов. В качестве примера взята кольцевая автомобильная дорога города Санкт-Петербурга. За основу данной работы взяты модели техногенной опасности перехода газопроводов, которые не устанавливают связи между величиной аварийных утечек газа, что порой приводит к возникновению пожароопасных ситуаций. Также произведены расчеты пожарного риска на переходах газопроводов.

Ключевые слова. Кольцевая автомобильная дорога, расчет пожарного риска, пожароопасные ситуации, оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей, опасные факторы пожара, прогнозирование чрезвычайных ситуаций, техногенная безопасность, надежность.

REDUCED FIRE RISK AT GAS TRANSITIONS THROUGH ROADS (ON THE EXAMPLE OF THE RING ROAD OF ST. PETERSBURG)

Jabbarov Elvin-Khangar Ogly – Inspector 66 fire and rescue unit

14 detachment of the Federal Border Service of the city of St. Petersburg

3rd Sovetskaya Street, 50/3, St. Petersburg, 191024, Russian Federation, elvin_dzhabbarov@mail.ru

Simonova Marina Al. – PhD, Head of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, simonova@igps.ru

Abstract. Considered and analyzed the fire risk that occurs at the crossings of gas pipelines. As an example, the ring road of the city of St. Petersburg is taken. The basis of this work is taken man-made models of the danger of the transition of gas pipelines, which do not establish a relationship between the magnitude of emergency gas leaks, which sometimes leads to fire hazards. Also calculated fire risk at the crossings of gas pipelines.

Keywords: Ring road, calculation of fire risk, fire-hazardous situations, assessment of the consequences of the impact of fire hazards on people, fire hazards, emergency forecasting, technological safety, reliability.

В современной России развитию транспортной инфраструктуры придается большое значение. От года к году высокими темпами растут количество и протяженность дорог, скоростных магистралей и трубопроводов нефтегазового комплекса. В результате этого роста возникают проблемы, связанные с их взаимным пересечением, места которых являются источниками потенциальной опасности.

Например, первая очередь кольцевой автомобильной дороги (КАД-1) вокруг Санкт-Петербурга насчитывает около 15 пересечений с газопроводами и нефтепродуктопроводами.

Во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 13.04.2004 г. № ПР-610, распоряжений Правительства Российской Федерации от 29.12.2004 года № 1724-р и Федерального дорожного агентства от 30.12.2004 года № ОБ-432-р ведется разработка проектной документации «Строительство скоростной платной автомобильной дороги Москва – Санкт-Петербург на участке 58–684 км» (условное название дороги – СПАД). Проектной документацией на строительство СПАД предусмотрено порядка 20 участков, где необходимо выполнить переустройство магистральных газопроводов и нефтепродуктопроводов на 664–684 км скоростной автомобильной дороги Москва – Санкт-Петербург, которые были введены в эксплуатацию более 30 лет назад и находились за пределами городской черты.

Данный участок дороги проходит вблизи селитебной зоны, по незастроенной территории Пушкинского и Московского районов города Санкт-Петербурга, пересекать действующие магистральные трубопроводы (с условным диаметром до 1000 мм, давлением – 5,5

МПа), что не предусмотрено действующим законодательством.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций на КАД является сложной задачей, заключающейся в незначительной по объему статистической информации о ЧС на отдельных эксплуатационных участках, и в отсутствии законодательно закреплённой методики расчета и оценки пожарного риска на линейной части магистральных трубопроводов.

Выбор метода расчета и оценки пожарного риска определяется величинами, которые характеризуют воздействие на людей и технику опасных факторов пожара (ОФП). Для газопроводов такими ОФП являются тепловое излучение при пожарах проливов горючих веществ на поверхность, избыточное давление и импульс волны давления при сгорании паровоздушной смеси ЛВЖ и ГЖ в открытом пространстве. Поэтому при изучении и построении полей опасных факторов пожара, будем учитывать только их.

Таким образом, при возрастании опасности, связанной с утечками газа, обобщенный показатель будет расти. Следовательно, чем меньше числитель комплекса, тем менее пожароопасным будет переход НПП через автодорогу, и наоборот. Величина этого показателя может служить объективной характеристикой техногенной безопасности. Она характеризует долю опасной энергии, направленной на поражение живой силы и техники и, следовательно, выражает потенциальный пожарный риск от происходящих аварий.

Оценка пожарного риска проводится путем сопоставления расчетных величин, полученных для оцениваемого объекта, с нормативными значениями пожарных рисков для производственных объектов, установленными статьей 93 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

При определении причин возникновения пожароопасных ситуаций рассмотреть события, реализация которых может привести к разгерметизации технологического оборудования и утечке газа, образованию горючей среды и появлению источника зажигания, включая:

- выход параметров за критические значения ввиду нарушений технологического регламента (например, разрушение оборудования, вызванное нерасчетными колебаниями давления);
- механические (влияние динамических нагрузок и т.п.), температурные (влияние повышенных или пониженных температур) и агрессивные химические (влияние кислородной, сероводородной, электрохимической и биохимической коррозии) воздействия;
- ошибки работников, падения предметов, некачественное проведение ремонтных и регламентных работ;
- появление источников зажигания в местах образования горючих паровоздушных смесей.

В заключении следует указать следующие мероприятия по снижению пожарного риска на переходах газопроводов через автомобильные дороги:

1. Для предотвращения разрушения трубопроводной сети необходимо устанавливать датчики контроля давления в системе, сблокированные с системами автоматического отключения сети или переключения на дублирующие резервные линии;
2. Предусмотреть систему неразрушающего контроля (например, магнитопорошковая дефектоскопия) в местах переходов трубопроводных систем через автомагистрали;
3. Разработать порядок приемки трубопроводной сети в эксплуатацию после проведения ремонтных или регламентных работ;
4. Предусмотреть системы газового анализа, контролирующие концентрацию горючих газов в воздухе, и регулирующее оборудование (светофоры), перекрывающие доступ в опасную зону при превышении концентрации газа выше 30 % от НКПР.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.06.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
3. Бондарь В.А., Попов Ю.П. Риск, надежность и безопасность. Система понятий и

обозначений // Безопасность труда в промышленности. 1997. № 10.

4. Онищенко В.Я. Управление технологическим риском // Безопасность труда в промышленности. 1996. № 12.

5. Концептуальная модель осуществления аналитической работы в интересах снижения пожарного риска // Меньших А.В. Вестник Воронежского института ФСИН России. 2016. № 3. С. 48–53.

6. Снижение пожарных рисков / Файзурахманов М.М., Гилязутдинова А.Н. В сборнике: Экология. Риск. Безопасность Материалы Международной научно-практической конференции. Памяти профессора, заведующего кафедрой «Экология и безопасность жизнедеятельности» Анатолия Павловича Кузьмина. В 2 томах. Ответственный редактор С.К. Белякин. 2010. С. 53–54.

7. Снижение пожарных рисков с использованием теории активных систем // Минаев В.А., Топольский Н.Г., Чу К.М. Технологии техносферной безопасности. 2014. № 4(56). С. 1.

8. Безопасность России. Функционирование сложных технических систем / рук. авторского коллектива Фролов К.В. М.: МГФ «Знание». 1998. 444 с.

9. Пояркова Е.В. Долговечность разнородных сварных соединений трубопроводных систем. Автореф. канд. дисс. – Уфа: УГНТУ. 2008.

10. Решетников А.А. Оценка степени воздействия взрывной волны на трубопроводные системы. Автореф. канд. дисс. – Уфа: УГНТУ, 2009.

УДК 007:681.518.2, 550.388.2

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОМ КОДИРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Фахми Шакиб Субхиевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий
ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

профессор кафедры систем автоматизированного проектирования

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, корпус I, помещение 11-53

Акционерное общество «Всесоюзный научно-исследовательский институт телевидения» (НИИТ)

194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 22

Крюкова Марина Сергеевна – заместитель начальника кафедры Высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, krukova_ms@mail.ru

Хасан Язид Абдулхамид – аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, корпус I, помещение 11-53, Midocom@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены методы дискретного вейвлет-преобразования, дискретное косинусное преобразование, преобразование Каронен-Лоэва, пирамидально-рекурсивное пре-

образование и Фурье преобразование. Приведены результаты моделирования всех методов и сопоставлены различные количественные показатели их применения на различных изображениях лесного пожара. Рассчитаны скорость передачи, среднеквадратичная ошибка и отношение пикового сигнала к шуму.

Ключевые слова: дискретное косинусное преобразование, Вейвлет, Сигнал/шум, лесные пожары, скорость передачи изображений.

COMPARISON BY METHOD OF CODING AND TRANSFER OF IMAGES OF WILDFIRES

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, Russian Federation, 199178, shakeebf@mail.ru

Professor of Department of Computer Aided Design

Saint Petersburg Electrotechnical University LETI

Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation

Leading researcher

Television Research Institute

22, Polytechnicheskaya st., St. Petersburg, 194021, Russian Federation

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 pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation

Krukova Marina S. – Deputy head of the Department Of higher mathematics and system modeling of complex processes

Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, krukova_ms@mail.ru

Hasan Yazeed Abdulhamid – postgraduate of Computer Aided Design

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"

Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation, Midocom@mail.ru

В последнее время применение беспилотных летательных аппаратов становится необходимой частью глобального комплекса видеосистем наблюдения за лесными пожарами [1, 2]. Они обеспечивают мониторинг лесопожарной обстановки и помогают координировать действия наземных групп, оснащенных средствами связи и пожаротушения. В полетах обычно применяют более 10 «беспилотников». Бортовое радиоэлектронное оборудование аппаратов позволяет передавать информацию в фото и видеорежиме не только операторам комплексов, но и напрямую в диспетчерские центры МЧС, где организовано взаимодействие с муниципальными органами власти и представителями МЧС России.

Минимизация скорости передачи изображения играть важную роль во многих областях, в частности при мониторинге за лесными пожарами с помощью беспилотников. В области видеонаблюдения на магистралях с высокой интенсивностью движения, получаемых каждый день, постоянно растет, главным образом, в группировке с улучшенными разрешениями сканирования и важности наборов данных объемных медицинских изображений. В данной работе моделируются пять методов сжатия изображений: преобразование Кархунена-Лоэва (ПКЛ) [3], быстрое преобразование Фурье (БПФ) [4], дискретное косинусное преобразование (ДКП) [5], пирамидально-рекурсивный преобразование (ПРП) [6] и дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) [7].

Бурное развитие видеосистем наблюдения за лесными пожарами и увеличение количества лесных пожаров привели к необходимости развития технологий кодирования и декодирования изображений, полученных из беспилотников в реальном времени с высоким качеством для обеспечения обнаружения на ранних стадиях возникновения пожара. Поле видеонаблюдения за лесными пожарами и глобальная инфраструктура в целом имеют огромное

количество средств наблюдения, как из космоса, так и на земле. Следовательно, вопросы сжатия видеоданных и своевременная доставка в Органы управления и регулирования становятся актуальными.

Сжатие и передача изображений о лесных пожарах – это процесс, направленный на уменьшение объема видеоданных без потери качества, уменьшение объема памяти для хранения изображений и уменьшение вычислительной сложности алгоритмов обработки изображений с учетом специфики и характеристики видеоданных.

В данной работе, чтобы взять различные кадры видеонаблюдения лесных пожаров и с помощью различных технологий сжатия изображения без потери. Сжатие заключается в удалении избыточной информации из изображения.

Другими словами, только важная информация должна быть сохранена и передана с целью достижения минимального времени доставки видеоданных и с учетом заданной погрешности и пропускной способности канала.

Алгоритм адаптивного дискретного косинусного преобразования

Дискретное косинусное преобразование (ДКП)-это ортогональное преобразование, в результате которого происходит декорреляция отсчетов изображения. После декорреляции каждая трансформанта кодируется независимо и тем самым сигнал изображений преобразовывается из сигнал пространственного представления в частотное.

Этапы ДКП:

Этап 1. Исходное изображение разбивается на квадратные полигоны разного размера. другими словами накладывается неравномерная сетка в зависимости от заданного порога отклонения яркостей соседних пикселей. Значения порогов определяется на начальном этапе в зависимости от целей кодирования и требуемого качества восстановления.

Этап 2. Каждый полигон подвергается двумерному косинусному преобразованию по следующим формулам:

$$G_{ij} = \frac{1}{\sqrt{2n}} C_i C_j \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} p_{xy} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2n}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2n}\right), \quad (1)$$

при $0 \leq (i,j) \leq n-1$. Изображение разбивается на блоки пикселей p_{xy} размера $n \times n$ (в нашем примере $n=4, 8, 16$ и 32), и уравнения (1) используются для нахождения коэффициентов G_{ij} для каждого блока пикселей. Если допускается частичная потеря информации, то коэффициенты квантуются. Декодер восстанавливает сжатый блок данных (точно или приближенно), вычисляя обратное ДКП (ОДКП) по формуле

$$p_{xy} = \frac{1}{4} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} C_i C_j G_{ij} p_{xy} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right), \quad (2)$$

где $C_f = 1/\sqrt{2}$, при $f=0$ и $C_f=1$, при $f>0$.

Двумерное ДКП можно интерпретировать двумя способами: с помощью вращения (на самом деле, композиции двух вращений), и с помощью базиса в n -мерном векторном пространстве. В первой интерпретации используется блок $n \times n$ пикселей. Сначала рассматриваются строки этого блока как точки $(p_{x,0}, p_{x,1}, \dots, p_{x,n-1})$ в n – мерном пространстве, которые поворачиваются в этом пространстве с помощью преобразования, задаваемого внутренней суммой:

$$G_{1x,y} = C_j \sum_{n=0}^{m-1} p_{x,y} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2n}\right)$$

из уравнения (2).

Результатом этого вращения служит блок $G1_{x,j}$ из $n \times n$ коэффициентов. Внешняя сумма из уравнения (1) равна

$$G_{i,j} = \frac{1}{\sqrt{2n}} C_i \sum_{n=0}^{m-1} p_{x,y} G1_{x,y} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2n}\right).$$

Здесь уже столбцы матрицы $G1_{x,y}$ рассматриваются в качестве точек n – мерного векторного пространства, над которыми совершается преобразование вращения.

Этап 3. Адаптивное сканирование полученных трансформант каждого полигона для расширения путем разделения их на конкретное значение (коэффициент квантования) и округлить результат до ближайшего целого числа.

Этап 4. Энтропийное кодирование. Кодирование последовательности значений с возможностью однозначного восстановления с целью уменьшения объема данных (длины последовательности) с помощью усреднения вероятностей появления элементов в закодированной последовательности

Этап восстановления полностью аналогичен процессу кодирования, все этапы выполняются в обратном порядке.

Дискретное Вейвлет преобразование.

Данное преобразование позволяет переводить сигнал изображения из временного в частотно-временное представление с помощью соответствующей вейвлет-функции.

Наиболее часто используемые вейвлеты:

вейвлет Морле, названный в честь J.Morlet, впервые употребившего сам– Morlet – термин «вейвлет»;

Daubechies – вейвлет Добеши, названный в честь Ингрид Добеши, разработавшей ортогональные вейвлеты;

Mexican-hat Wavelet (МНАТ) – вейвлет «Мексиканская шляпа», график вейвлета– напоминает шляпу;

LMB – вейвлет, предложенный Лемарье, Мейером и Бэтлом.

Рассмотрим процесс вейвлет-преобразования сигнала на примере разложения сложной функции $s(t)$ модифицированным вейвлетом Морле:

$$\Psi(t) = \sin(2\pi f_0 t) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma^2}\right).$$

В основе вейвлет-преобразований, в общем случае, лежит использование двух непрерывных, взаимозависимых и интегрируемых по независимой переменной функций:

- вейвлет-функции $\psi(t)$, в которой выделяются локальные особенности сигнала;
- масштабирующей функции, которой выполняется грубое приближение (аппроксимация) сигнала.

Базис вейвлетов $\Psi\left(\frac{(t-b)}{a}\right)$, где b – сдвиг по времени, а a – масштаб.

Результаты моделирования спектральных алгоритмов кодирования изображений

Компьютерное моделирование проводилось над изображениями лесных пожаров трех типов снятых с помощью беспилотник:

Image I: Изображение лесного пожара на ранних стадия и малой мерой нестационарностью;

Image II: Изображение пожара с высокой степенью дыма и средней мерой нестационарностью;

Image III: Изображение пожара на ранних стадиях с высокой степенью нестационарности.

Для оценки результатов моделирования и тестирования программ, необходимо вычислить следующие информационные показатели качества устройств спектрального кодирования изображений:

Пиковое отношение сигнал/шум. Безразмерная величина, равная отношению мощности полезного сигнала к мощности шума и определяется по формуле:

$\text{Сиг/ш} = 10 \log (S/\delta^2)$, где S — средняя мощность, а δ — среднеквадратичное значение амплитуды.

Среднеквадратичное значение:

Среднеквадратичное отклонение восстановленного изображения от исходного и является объективной оценкой качества восстановленных изображений.

$$\delta = \frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N (x_{j,k} - x'_{j,k})^2, \text{ где } N, M - \text{размер исходного изображения лесного пожара.}$$

Скорость передачи изображений:

Данный показатель часто на практике определяют, как коэффициент сжатия изображений и вычисляется по следующей формуле:

$$R = (\text{Объем сжатого изображения в битах} / \text{Объем исходного изображения в битах}) /$$

Выводы

Таблица результатов оценки алгоритмов передачи изображений лесных пожаров

Тип изображения		Метод кодирования	Сиг/шум	δ	R
Image I		ПКЛ	43	2,34	2,4
		ДФП	40	8,4	2,8
		ПРП	45	1,5	1,9
		ДВП	37	15,3	6,5
		ДКП	41	14,8	6,1
Image II		ПКЛ	43	2,34	1,2
		ДФП	41	7,7	2,8
		ПРП	40	2,9	1,9
		ДВП	36	15,3	6,5
		ДКП	42	1,8	1,1
Image III		ПКЛ	41	1,24	1,4
		ДФП	42	1,14	2,7
		ПРП	41	1,3	1,9
		ДВП	37,6	15,3	6,3
		ДКП	41,7	1,1	1,7

В заключении по результатам тестирования алгоритмов кодирования можно сделать следующие выводы:

1) для класса изображений класса «Image I» наилучшие результаты по показателю качества (сиг/шум) получены с применением алгоритма пирамидально-рекурсивное преобразование, а по показателю сложности лучшим оказался алгоритм декретного косинусного преобразование (в таблице отмечены жирным шрифтом);

2) для класса изображений класса «Image II» наилучшие результаты по показателю качества (сиг/шум) получены с применением алгоритма Кронена – Лозва, а по показателю сложности лучшим оказался алгоритм декретного косинусного преобразование;

3) для класса изображений класса «Image III» наилучшие результаты по показателю качества (сиг/шум) получены с применением алгоритма пирамидально-рекурсивное преобразование, а по показателю сложности при высоком качестве восстановления лучшим оказался алгоритм дискретного косинусного преобразование.

Важно отметить, возможности, которые предоставляет современный уровень развития науки и техники совместно с передовыми программными разработками, позволяют создавать действительно эффективные системы для решения задач мониторинга леса и раннего обнаружения лесных пожаров. В возможности таких систем уже на первом этапе необходимо закладывать все современные наработки.

Список литературы

1. Фахми Ш.С. Оценка показателей качества видеосистем обнаружения лесных пожаров/ Ш.С.Фахми, М.С. Крюкова, А.Л.Шидловский // Проблемы управления рисками в технике. 2018. № 2 [46]. С. 63–72.

2. Фахми Ш. С. Повышение качества передаваемой видеоинформации при кодировании источника / Ш. С. Фахми, А. И.Бобровский, А.В. Черногубов, А.К. Цыцулин, И.А. Зубакин // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 3. С. 66–72.

3. Fukunaga. Representation of random processes using the finite Karhunen-Loeve expansion. Information and control, 16:85–101, 1970.

4. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Т.1,2. М.: Мир. 1982.

5. Singh H, Sharma S. Hybrid image compression using DWT, DCT and Huffman encoding techniques. Int J Emerg Technol Adv Eng 2012; 2: 300-306.

6. Фахми Ш. С. Синтез устройств пирамидально-рекурсивного кодирования изображений на сигнальных процессорах/ Ш. С.Фахми, А. И.Бобровский, Ю.М. Соколов// Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 1. С. 78–89.

7. Elharar E, Adrian S, Ofer H. A hybrid compression method for integral images using discrete wavelet transform and discrete cosine transform. J Display Technol 2007; 3: 321-325.

УДК 007:681.518.2, 550.388.2

АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ПЕРЕДАЧИ КОНТУРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Фахми Шакиб Субхиевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий

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

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13

профессор кафедры систем автоматизированного проектирования

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, корпус I, помещение 11-53

Акционерное общество «Всесоюзный научно-исследовательский институт телевидения» (НИИТ)

194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 22

Шаталова Наталья Викторовна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

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

199178, Россия, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13, shatillen@mail.ru

Крюкова Марина Сергеевна – заместитель начальника кафедры Высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, krukova_ms@mail.ru

Хасан Язид Абдулхамид – аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, корпус I, помещение 11-53, Midocom@mail.ru

Аннотация. Предлагаются алгоритмы выделения контуров транспортных средств на полутонновых изображениях для передачи по высокоскоростным каналам транспортных видеотелекоммуникационных систем. В качестве оператора преобразования используются различные алгоритмы выделения контуров, а для передачи предлагается адаптивный спектральный алгоритм на основе дискретного косинусного преобразования.

Ключевые слова: дискретное косинусное преобразование, выделение контуров, адаптивное квантование, передача изображений.

ADAPTIVE METHOD OF TRANSFER OF CONTOURS OF VEHICLES ON GRAYSCALE IMAGES

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, Russian Federation, 199178, shakeebf@mail.ru

Professor of Department of Computer Aided Design

Saint Petersburg Electrotechnical University LETI

Professor Popov str., 5, St.Petersburg, 197376, Russian Federation

Leading researcher

Television Research Institute

22, Polytechnicheskaya st., St. Petersburg, 194021, Russian Federation

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 pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation

Shatalova Natalya – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, shatillen@mail.ru

Krukova Marina S. – Deputy head of the Department Of higher mathematics and system modeling of complex processes

Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, krukova_ms@mail.ru

***Abstract.** Algorithms of allocation of contours of vehicles on grayscale images for transfer on high-speed channels of transport video information systems are offered. As the operator of transformation it is used various algorithms of allocation of contours, and for transfer the adaptive spectral algorithm on the basis of discrete cosine transformation is offered.*

***Keywords:** discrete cosine transformation, allocation of contours, adaptive quantization, transfer of images.*

Увеличение объема перевозок и высокая интенсивность движения транспорта приводит к необходимости увеличения быстродействия устройств обнаружения и идентификации транспортных средств (ТС) [1, 2]. Одной из причин задержки на дорогах является определения тип ТС и распределение их по соответствующим полосам обслуживания при въезде и выезде из мегаполиса. В таком случае важно как можно скорее обнаружить ТС и передать основные характеристики в диспетчерский центр, чтобы избежать дополнительных задержек и инцидентов. Зачастую невозможно обнаружить и распознавать ТС в реальном времени, поскольку отсутствуют инструменты и устройства измерения габаритов и массы ТС [3]. С другой стороны, для решения проблемы классификации ТС на начальном этапе достаточно выделить контуры ТС в видеопоследовательности и осуществить передачу с минимальной скоростью для принятия решения за долго до момента регистрации в пунктах взимания оплаты и обслуживания.

Задача формирования контура ТС сложна из-за нескольких факторов. Перекрытие ТС друг друга вовремя движения имеют сложную структуру, так как слияние контуров приводит к ошибкам в определении класса ТС и к необходимости применения дополнительных средств распознавания. Наличие шума и помех также могут быть причиной искажения формы и размер ТС.

Выделение контуров ТС занимает центральное место при обработке информации в системах видеонаблюдения для решения задач распознавания и классификации, представляя собой начальный и решающий этап в распознавании и идентификации объектов [4]. В частности, выделение контуров применяется при решении задачи идентификации и определения массы ТС по их форме, при наложении и совмещении разных слоев одного объекта, а также при сегментации изображений.

Высокоскоростная передача выделенных контуров ТС осуществляется на основе адаптивного косинусного преобразования (АДКП) с использованием двухпорогового способа определения корреляции локальных областей.

Все методы и алгоритмы нахождения контуров объектов можно разделить на две категории [5–7]:

1. Методы, основанные на выделении областей, включают такие алгоритмы, как «расширение области» за счет объединения пикселей и алгоритм «разбиения и объединения областей». Эти алгоритмы гарантируют получение замкнутых контурных линий, однако они чувствительны к шумам и контрастности изображения.

2. Методы, основанные на выделении краевых точек на изображении, включают в себя градиентные методы, операторы Собеля, Роберта, Приветта и др. Эти методы, как правило, не чувствительны к шумам и контрастности изображения, но требуют применения алгоритма объединения краевых точек, а также не всегда гарантирует выделение замкнутых контуров.

Проблема обнаружения и классификации ТС трудно решить из-за сложности процесса распознавания типа ТА в реальном времени. Выбор того или иного оператора выделения границ ТС и передача его в реальном времени зависит от конечной цели всего процесса построения интеллектуальных транспортных систем и роли обработки видеoinформации [8,9]. Труднее всего выбрать алгоритм для выделения контуров ТС на сильнозашумленных изо-

бражениях, каковыми и являются изображения транспортных потоков, являющиеся объектом исследования настоящей работы. Поэтому разработка комбинированного метода выделения и передачи контурных изображений ТС, способного функционировать в условиях шума и помех является актуальной и важной задачей.

В статье разрабатывается комбинированный метод, основанный на использовании различных операторов выделения контуров и адаптивного дискретного косинусного преобразования (АДКП).

АДКП позволяет получить высокий коэффициент сжатия при сохранении качества видеoinформации из-за учета высокой корреляции сигналов контурных изображений при определении размеров блоков, подвергающихся ДКП.

Выделение контуров с помощью оператора Роберта (Robert)

Оператор известен как оптимальный детектор края. Он характеризуется низким уровнем ошибок. При этом контуры имеют минимальное расстояние между обнаруженными краевыми точками и фактическими точками границы ТС (рис. 1).

Первым шагом алгоритма является сглаживание изображения для удаления шума. Обычно для этой цели применяется фильтр Гаусса, который использует функцию Гаусса (1) в качестве импульсной переходной функции.

$$G = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\sigma^2)}} \exp\left(-\frac{m^2 + n^2}{2\sigma^2}\right).$$

Таким образом, если исходное изображение задано яркостью $f(m, n)$, то размытие по Гауссу будет считаться по формуле $G(m, n) = G \circ f(m, n)$. Затем вычисляется градиент функции $g(m, n)$, максимальное значение которого определяет положение границ:

$$M(m, n) = \sqrt{n_m^2(m, n) + g_n^2(m, n)}.$$

$$\theta(m, n) = \tan^{-1} \left[\frac{n_m(m, n)}{g_m(m, n)} \right].$$

Третьим шагом алгоритма является подавление не максимумов, что позволяет сделать границы тоньше и точнее. Производится сравнение значения градиента каждого пикселя с двумя соседними в направлении вектора градиента. Если такое значение оказывается больше соседних, то пиксель принадлежит границе, иначе его значение градиента устанавливается равным нулю.

Выделение контуров с помощью оператора Привитта (Prewitt)



Рисунок 1 – Алгоритм АДКП–2D с различными способами квантования

Выделение контуров с помощью оператора Соболя (Sobel)

Данный оператор основан на свертке изображения с целочисленными фильтрами. В простейшем случае оператор построен на вычислении свертки исходного изображения с ядрами G_x и G_y , обеспечивающими вычисление первых производных по двум направлениям.

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ и } G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}.$$

Оператор Соболя вычисляет градиент яркости изображения в каждой точке для нахождения направления наибольшего увеличения яркости и величины ее изменения в этом направлении.

Алгоритм АДКП передачи видеоинформации

Процесс ДКП похож на преобразование Кархунена-Лоева (КЛП) [10], но требует меньшей вычислительной сложности. Кроме того ДКП имеет более уплотненную структуру высокочастотной энергии по сравнению с такими преобразованиями, как Вейвлет (ДВП) [11] и пирамидально-рекурсивный метод (ПРМ) [12, 13]. Следовательно, ДКП используется для сжатия изображений и видео. Однако, для более высокого в работе предлагается адаптивный алгоритм, на основе предварительного анализа ориентации трансформант ДКП и выполнении соответствующего способа сканирования контурных изображений ТС.

Алгоритм включает три способа сканирования трансформант на этапе квантования: горизонтальное, вертикальное и зигзаг сканирование трансформант (рис. 1).

Перечисленные выше способа дают два важных преимуществ перед имеющими: Во-первых, более низкая скорость передачи по сравнению со стандартом JPEG, во-вторых, меньше степени артефактов зачет адаптивного сканирования, в-третьих, переменного размера блоков, подвергающихся ДКП с учетом корреляции яркостей контурных изображений ТС.

ДКП-1D проще всего вычислять по формуле:

$$G_f = \frac{1}{2} C_f \sum_{t=0}^7 p_t \cos\left(\frac{(2t+1)f\pi}{16}\right), \text{ где } C_f = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & f = 0, \\ 1, & f > 0, \end{cases} \text{ при } f = 0, 1, 2, \dots, 7. \quad (1)$$

Здесь исходными данными (пикселями, фрагментами звука или другими элементами) являются величины p_t а им соответствующими коэффициентами ДКП служат числа G_f . Формула (1) очень проста, но процесс вычисления по ней медленный.

Декодер получает на входе коэффициенты ДКП, делит их на восьмерки и применяет к ним обратное преобразование (ОДКП) для восстановления исходных данных (тоже в виде групп по 8 элементов) (рис. 1).

Простейшая формула для вычисления ОДКП имеет вид:

$$p_t = \frac{1}{2} \sum_{j=0}^7 C_j G_j \cos\left(\frac{(2t+1)j\pi}{16}\right), \text{ при } t = 0, 1, 2, \dots, 7.$$

ДКП обладает четырьмя свойствами, которые делают его идеальным для сжатия, причем с высоким сжатием и малой потерей данных:

- 1) множество состоит только из целых чисел;
- 2) только четыре из них не равны нулю;
- 3) нулевые коэффициенты образуют серии;
- 4) среди ненулевых коэффициентов только первый имеет большую величину; остальные меньше исходных чисел.

Предельным случаем избыточных видеоданных служит последовательность одинаковых яркостей пикселей на исходном изображении. Они, конечно, имеют совершенную корреляцию, и, что одного и нескольких трансформант ДКП будет достаточно для восстановления с требуемой точностью.

Двумерное (матричное) ДКП-2D (рис. 1). Из проведенных экспериментов хорошо известно, что пиксели изображения имеют корреляцию по двум направлениям: по строкам и по столбцам, а не только по одному (пиксели коррелируют со своими соседями слева, справа, а также сверху и снизу). Поэтому методы сжатия изображений используют двумерное ДКП, которое задается формулой:

$$G_{ij} = \frac{1}{\sqrt{2n}} C_i C_j \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} p_{xy} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2n}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2n}\right), \quad (2)$$

при $0 < (i, j) < n - 1$. Изображение разбивается на блоки пикселей P_{xy} размера $(n \times n)$ {на практике $n = 8$, а в данной статье размеры могут быть: 4×4 , 8×8 , 16×16 и 32×32 }, и уравнения (2) используются для нахождения коэффициентов G_{ij} для каждого блока пикселей. Следует отметить, что частичная потеря видеоинформации происходит при выполнении квантования в результате расширения диапазона нуля. Декодер восстанавливает сжатый блок данных (точно или приближенно), вычисляя обратное ДКП (ОДКП) по формуле:

$$P_{xy} = \frac{1}{4} \sum \sum C_i C_j G_{ij} \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right), \quad \text{где } C_f = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & f = 0, \\ 1, & f > 0. \end{cases}$$

Важно отметить выбор таблицы квантования должен быть осуществлен в зависимости от типа сканирования, что влияет на степень сжатия и энтропию. Величина квантования обратно пропорциональна качеству реконструируемого изображения. Это дает лучшую степень сжатия и лучшую среднеквадратичную ошибку. При квантовании менее значимые частоты отбрасываются, а затем для восстановления образа методом декомпозиции используются оставшиеся важные частоты.

АДКП имеет несколько достоинств: а) имеет способность упаковать больше информации в наименьших коэффициентах б) уменьшает блок, как внешний вид, называемый блокирующей артефакт и в) позволяет формировать блоки любых размеров в зависимости от корреляции областей изображений.

Результаты обнаружения и передачи изображений

Авторами было проведено несколько экспериментов по обработке трех видеороликов городской и пригородной среды с различным фоном (табл.). КП– количество правильных обнаружений транспортного средства, КЛ для количество ложных обнаружений транспортного средства и КТС–количество транспортных средств. Проценты также включены, ПКП–показывает процент правильных обнаружений и ПКЛ–процент ложных обнаружений.

Видеотесты	КТС	КП	КЛ	ПКП	ПКЛ
Видео № 1	973	895	78	92%	8%
Видео № 2	566	379	187	67%	33%
Видео № 3	322	241	81	75%	25%

Оценка скорости передачи видеоинформации была выполнена с использованием компьютерного моделирования процессов выделения контуров и передачи полученных контурных изображений. Проверка и тестирование проводились в среде microsoft Visual Studio 2013.

В исследовании для сжатия были развернуты все изображения транспортных потоков с различной степенью интенсивности движения и разрешения видеосъемки. Изображения состоят из $128 \times 128 = 16\,384$ пикселей, $256 \times 256 = 65\,536$ пикселей и $512 \times 512 = 262\,144$ пикселей, при этом каждый пиксель представлен 8 битами или 1 байтом. Результаты оценки скорости передачи видеoinформации, на основе предложенного комбинированного метода и сравнение с другими известными методами показаны на рисунке 2.

Заключение

Использование различных операторов выделения контуров транспортных средств обеспечивает необходимое сокращение объема видеоданных в зависимости от уровня шума и помех. Применение адаптивного косинусного преобразования позволило существенно уменьшить скорости передачи контурных изображений транспортных средств.

В заключении по результатам вычисления скорости передачи можно сделать следующие выводы:

1) предложенные быстрые операторы Привета, Соболя и Роберта дают различные контурные линии, т.к. обработка изображения производится окном с различными размерами и тем самым позволяют выбор того или иного оператора в зависимости от цели задачи распознавания;

2) использование адаптивного алгоритма косинусного преобразования позволило существенно сократить скорости передачи, в части лучшего приближения к энтропии исходного сигнала (в 2,...,5 раза) по сравнению с известными алгоритмами *JPEG* и Вейвлет при сохранении высокого качества восстановленных изображений;

3) скорость передачи с использованием предложенного алгоритма почти совпала с пирамидально-рекурсивным методом за исключением случая передачи контурных изображений без потерь. При вычислительная сложность меньше в 5 раз с использованием предложенного метода.

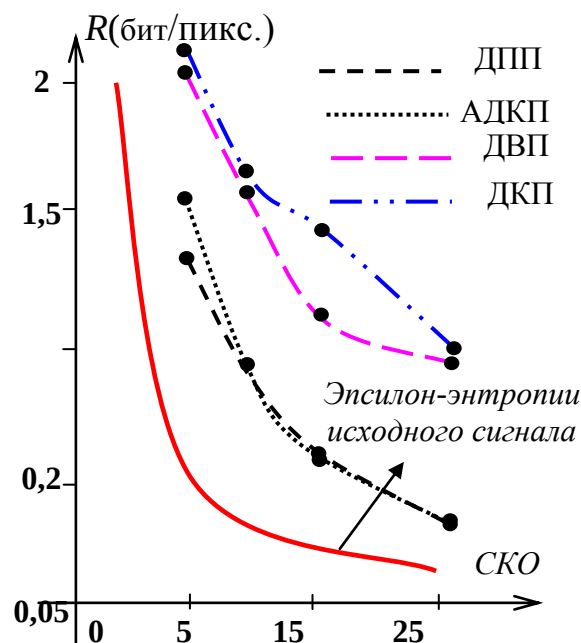


Рисунок 2 – Результаты моделирования алгоритмов кодирования

Список литературы

1. Chen, C.H., Chen, T.Y., Huang, D.Y. and Feng, K.W., 2015, November. Front Vehicle Detection and Distance Estimation Using Single-Lens Video Camera. In 2015 Third International Conference on Robot, Vision and Signal Processing (RVSP) (pp. 14-17). IEEE.

2. Arenado, M.I., Oria, J.M.P., Torre-Ferrero, C. and Rentería, L.A., 2014. Monovision-based vehicle detection, distance and relative speed measurement in urban traffic. IET Intelligent Transport Systems, 8(8), pp.655-664.
3. Фахми Ш. С. Классификация транспортных средств в реальном времени / Ш. С. Фахми, Е.В. Костикова, М.С. Крюкова, Ю.И. Мукало, С.М. Зайдулин // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2018. Вып. 3. С. 89–95.
4. Фахми Ш. С. Выделение и хранение опорных точек изображений на основе динамических рекурсивных структур/ Ш. С. Фахми, Е. В. Костикова М. М. Еид и др.// Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2016. Вып. 3. С. 99–107.
5. Fu K.S. VLSI for pattern recognition and image processing. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, Tokyo (1984).
6. Хармут Х.Ф. Теория секвентного анализа. Основы и применения. – М.: Мир, 1980. 574 с.
7. Machnev A.G., Sadykhov R.H. Algorithm and structure of a unit for computing a two-dimensional Vilenkin-Chrestenson transform in signal processing applications // Proc. of the Latvian signal processing international conference. – Vol. 1. – P. 316-320 (1990).
8. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ. Асаул А.Н., Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Аванесов М.Ю. Информация и космос. 2016. № 3. С. 8–17.
9. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Асаул А.Н. Интеллектуальная мультимодальная транспортная система РФ // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. СПб: ИПТ РАН. 2016. С. 8–15.
10. Fukunaga. Representation of random processes using the finite Karhunen-Loeve expansion. Information and control, 16:85–101, 1970
11. P.-S. T. Tinku Acharya, JPEG2000 Standard for Image Compression, ch. Coding Algorithms in JPEG2000, pp. 163–196. 2005/
12. Фахми Ш.С. Метод распознавания лиц на основе пространственно-рекурсивных триангуляционных сеток/ М.М. Еид В.В. Березин и др. // Вопросы радиоэлектроники, сер. Техника телевидения. 2016. Вып. 3. С. 86–91.
13. Шаталова Н.В., Фахми Ш.С., Мукало Ю.И., Гаврилов И.А. Обнаружение и распознавание транспортных средств // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. Санкт-Петербург: ИПТ РАН. 2016. С. 187–193.

УДК 658.71.08, 519.87

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ, СВЯЗАННЫМИ С УТОМЛЯЕМОСТЬЮ, ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ РЕНТГЕНОТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИНТРОСКОПОВ

Волков Андрей Константинович – ассистент кафедры обеспечения авиационной безопасности

ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева

432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского 8/8, oabuvauiga@mail.ru

Гладких Анатолий Афанасьевич – доктор технических наук, профессор кафедры обеспечения авиационной безопасности

ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева

432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского 8/8, oabuvauiga@mail.ru

***Аннотация.** В данной работе рассмотрены основные подходы к созданию системы управления рисками, связанными с утомляемостью авиационного персонала (Fatigue Risk Management System, FRMS). Проведен анализ основных способов и методов определения утомления авиационного персонала. Делается вывод, что применение данных систем для контроля утомляемости операторов рентгенотелевизионных интроскопов позволит повысить качество обеспечения авиационной безопасности.*

***Ключевые слова:** авиационная безопасность, фактор риска, утомляемость, оператор рентгенотелевизионного интроскопа, видеоокулография, глазодвигательная активность, электроэнцефалография.*

APPLICATION OF THE FATIGUE RISK MANAGEMENT SYSTEM FOR AVIATION SECURITY SCREENERS

*Volkov Andrey K. – assistant of Department of providing of aviation security
Ulyanovsk Civil Aviation Institute*

Mozhaisky street, 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru

Gladkikh Anatoly A. – Grand PhD in Engineering sciences, professor of Department of providing of aviation security

Ulyanovsk Civil Aviation Institute

Mozhaisky street, 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, a_gladkikh@mail.ru

***Abstracts.** In this paper, we consider the main approaches to the development of a fatigue risk management system (FRMS). The analysis of the main ways and methods for determining the fatigue of aviation personnel have produced. It is concluded that the use of these systems to control the fatigue of aviation security screeners will improve the quality of aviation security.*

***Keywords:** aviation security, risk factor, fatigue, aviation security screener, videooculography, oculomotor activity, electroencephalography.*

Одним из главных факторов опасности в гражданской авиации остается человеческий фактор главным элементом которого является функциональное состояние авиационного персонала. Под функциональным состоянием здесь понимается «интегральный комплекс наличных характеристик тех свойств и качеств организма, которые прямо или качественно обуславливают осуществление заданной профессиональной деятельности» [1]. Основным негативным функциональным состоянием авиационного персонала является утомление, которое можно характеризовать как физиологическое состояние пониженной умственной или физической работоспособности в результате бессонницы или длительного бодрствования, фазы суточного ритма или рабочей нагрузки (умственной и/или физической деятельности), которое может ухудшить активность и способность безопасно выполнять поставленную задачу [2, 3]. Таким образом, утомление можно рассматривать как фактор опасности, обуславливающий формирование и развитие ошибок авиационного персонала в процессе выполнения ими функциональных задач.

Стоит отметить, что только с развитием современных технологий стало возможно создание различных подходов определения утомления. Данные подходы можно разделить на две большие категории [4]:

- определение состояния утомления в online режиме;
- определение состояния утомления в offline режиме.

Определение состояния утомления в online режиме

Основной задачей online технологий является динамическое слежение за функциональным состоянием индивида для отслеживания состояния утомляемости. К таким технологиям можно отнести: электроэнцефалографию (ЭЭГ), регистрацию движения глаз, сокращение лицевых мышц, распознавание положения головы оператора, оценка процента закрытия глаз, оценка неактивности запястий и др.

Современные исследования установили, что ЭЭГ является наиболее надежным способом определения состояния утомления человека. Сегодня существуют системы отслеживания утомления на основе снятия показателей ЭЭГ в частности такие как система B-alert.

Вторым главным способом определения состояния утомления является оценка показателей зрительной системы человека – технология Eye-tracking. Параметры движения глаз, такие как моргания, диаметр зрачка, длительные периоды закрытия глаз и саккады, достаточно чувствительны к изменению функционального состояния индивида в частности к состоянию утомления. На сегодняшний день существуют различные технические средства (устройства) позволяющие отслеживать различные параметры движения глаз.

Современные технологии распознавания лица считаются наиболее перспективными методами определения состояния утомления. Однако многие из разработанных способов находятся на стадии валидации и не могут пока найти широко применения.

Классическим методом определения состояния утомления является технологии отслеживания положения головы оператора. Такое устройство может быть выполнено в виде браслета, которое будет издавать сигнал при опускании головы оператора на заданный период времени, что характеризует фазы микросна.

Рассмотренные подходы к определению состояния утомления имеет свои достоинства и недостатки поэтому при их внедрении необходимо провести анализ эксплуатационной среды, в которой планируется их использование.

Определение состояния утомления в offline режиме

Основной задачей offline технологий является прогнозирование состояние утомление на основе собранных статистических данных или оценки фактического физиологического состояния как для одного человека, так и для стандартизированной группы лиц. Основой первого подходы является построение математических моделей, основанных на статистических данных, позволяющих смоделировать действие сна и суточных процессов на состояние индивида. В качестве второго подхода часто используют измерение окуломоторных характеристик индивида непосредственно перед выполнением работы для оценки создания прогноза о возможности выполнении им функциональной задачи.

Сегодня нет единой и достоверной технологии определения состояния утомления человека, поэтому необходимо для повышения достоверности необходимо использовать совместно.

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) уделяет особое внимание решению проблемы утомления авиационного персонала. Так в 2013 году ИКАО приняло руководство Doc. 9966 «Системы управления рисками, связанными с утомляемостью» [5]. Таким образом, международное сообщество признало утомляемость одним из основных негативных факторов, влияющих на безопасность гражданской авиации. Стоит отметить, что пока основные усилия направлены на решения проблемы утомляемости пилотов, однако с учетом возрастающего пассажиропотока решение данной проблемы необходимо и для различного наземного персонала авиапредприятий.

В частности проблема утомления остро стоит у сотрудников службы авиационной безопасности. В связи с возрастающим пассажиропотоком растет нагрузка на персонал, а, следовательно, увеличивается риск утомления, что может привести к большому количеству ошибок (пропусков запрещенных к провозу предметов и веществ) и как следствие совершение актов незаконного вмешательства. Ввиду характерных особенностей профессиональной деятельности операторов досмотра по обнаружению запрещенных предметов и веществ наиболее перспективной системой для оценки уровня их утомляемости представляется применение технологии Eye-tracking. Некоторые аспекты применения технологии Eye-tracking для оценки профессиональной деятельности операторов рентгентелевизионных интроскопов представлены в работах автора [6, 7, 8]

Заключение

Таким образом, утомление авиационного персонала сегодня является одним из основных негативных факторов, непосредственно влияющих на безопасность гражданской авиации. В работе представлен анализ основных методов и средств определения утомления персонала. Делается вывод, что применение системы управления рисками, связанными с утом-

ляемостью, операторов рентгенотелевизионных интроскопов позволит повысить качество обеспечения авиационной безопасности за счет снижения негативного влияния человеческого фактора.

Список литературы

1. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Гридин Л.А., Кукушкин Ю.А. Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля. – М.: «Издательство «Медицина». 2004. 136 с.
2. Майорова Ю.А., Гузий А.Г. Утомляемость пилотов как психофизиологический фактор риска безопасности авиационных полетов // Психология и Психотехника. 2015. № 7 (82). С. 707–716.
3. Гузий А.Г., Лушкин А.М., Майорова Ю.А. Риск, обусловленный утомлением членов экипажа // Труды общества независимых исследователей авиационных происшествий. Выпуск 27. М., 2015. С. 114–125.
4. Lushkin A.M., Kormilitsyna I.N. Fatigue as a hazardous factor flight safety. Civil Aviation High Technologies, 2017, vol. 20, No. 03, pp. 131-138.
5. Руководство для регламентирующих органов: системы управления рисками, связанными с утомляемостью / Дос 9966, Издание первое. 2013. 195 с.
6. Волков А. К. Применение системы регистрации движения глаз для оценки окуломоторных параметров зрительного поиска опасных предметов операторами досмотра // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. СПб.: ИПТ РАН. 2017. С. 359–363.
7. Волков Ан. К. Совершенствование организации профессиональной подготовки операторов досмотра с применением системы регистрации движения глаз и методов кластерного и дискриминантного анализа / Ан. К. Волков, В. В. Ионов// Научный вестник МГТУ ГА. Москва: МГТУ ГА. 2018. Т. 21 (3). С. 45–36.
8. Козлов Д. А Система сетевого контроля деятельности операторов рентгенотелевизионных интроскопов / Д. А. Козлов, Ан. К. Волков, Ал. К. Волков // Радиолокация, навигация, связь: сб. трудов XXIV междунар. науч.-техн. конф. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.).– Воронеж: ООО «Вэлборн». 2018. Т. 5. С. 408–414.

УДК 65.012.123

СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО-КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ НЕВЫЯВЛЕННОГО ТИПА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Пономарев Кирилл Юрьевич – диспетчер УВД Минского районно-диспетчерского центра службы движения ГП «Белаэронавигация»

Государственное предприятие «Белаэронавигация»

220039, Республика Беларусь, Минск, ул. Короткевича, 19, 220039, kirpon1@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются способы преодоления перегруженности когнитивной составляющей процесса формирования информационного образа динамической воздушной обстановки у авиадиспетчера.

Потому как перегруженность зрительного канала является основной причиной появления потенциально-конфликтных ситуаций невыявленного типа при управлении воздушным движением (УВД), предлагается использовать механизм семантической навигации в интерфейсе автоматизированной системы УВД.

Ключевые слова: автоматизированная система управления воздушным движением, потенциально-конфликтная ситуация, направленное детектирование.

METHODS OF UNDEFINED POTENTIAL CONFLICTS ELIMINATION IN AIR TRAFFIC CONTROL

*Ponomarev Kiryl Yu. – Air Traffic Route Controller of Minsk ACC
Belaeronavigatsiya SOE
Korotkevitcha 19, Minsk, 220039, Republic of Belarus, kirpon1@gmail.com*

***Abstract.** The paper reviews methods of cognitive overload elimination in air traffic controller working process.*

Cognitive overload itself is the main reason of undefined potential conflicts to be appeared in air traffic control (ATC). So that it is suggested to use semantic navigation mechanism in the ATC automated system interface.

***Keywords:** air traffic control automated system, potential conflict, directed detection.*

При возрастании интенсивности воздушного движения и, как следствие, требуемой для анализа информации, вместе с тем, и количества визуальных предупреждений, подсказок (особенно в условиях активного обхода грозовой деятельности, ограничений со стороны ведомственной, военной авиации и т.п.) при наличии «когнитивного шума», вызываемого отображением объектов других, несмежных зон ответственности, – восприятие диспетчера подвергается высочайшему уровню напряжения при естественных для человека ограничениях по распознаванию и запоминанию объектов. Как следствие, возможность пропусков и ошибочных суждений в процессе принятия решения, что отражается на качестве УВД и приводит к появлению потенциально-конфликтной ситуации (ПКС) невыявленного типа.

Отметим, что ПКС невыявленного типа – это ПКС, в отношении которой отсутствуют превентивные меры со стороны органа обслуживания воздушного движения. В связи с чем выделяется ряд обстоятельств, при которых диспетчер УВД не классифицирует воздушные суда (ВС), образующие ПКС, как таковые:

- неполнота или искажения информационного образа динамической воздушной обстановки (ДВО), связанные с нагромождением графических элементов в зоне ответственности диспетчера УВД, а также высоким уровнем его загруженности;

- неполнота опыта, психофизиологическая неподготовленность диспетчера УВД, а также недомогание, стресс;

- ситуации трансцендентного характера в процессе осуществления функций по УВД.

Зрительный канал k -го диспетчера УВД, являясь главным инструментом получения информационного образа состояния ДВО – S_t – в момент времени t , включает зрительный анализатор, как средство поступления сигналов от окружающей среды, и интеллектуальные преобразования воспринятых сигналов, связанные с суммарной – Σ – деятельностью интеллектуальных операторов – Y_{Σ}^k . Так, в типичных информационных коммуникативных моделях восприятия различают характерные этапы генерации-кодирования и рецепции-декодирования в рамках тезауруса, вне которого восприятие и понимание невозможно [1]. На этапе генерации-кодирования происходит выбор из потока первичного восприятия, структурирование по признакам и представление на основании этого некоторого количества информации (понятийного текста на языке описания предметных ситуаций). А на этапе рецепции-декодирования выделяется смысловое содержание этой информации на основе процесса классификации и выдвижения гипотез.

Обобщением двух этих этапов вполне может стать понятие детектирования.

Механизм детектирования напрямую связан с интеллектуальной мощностью, которая определяет объем обрабатываемой визуальной информации в рамках процесса принятия решения (ППР). Для моделирования и формализации взаимодействия диспетчера со средствами отображения пользуются, например, методом кибернетической информационной цепи А. А. Денисова, подробно изложенным при исследовании синтеза деятельности и кибернетического анализа информационной нагрузки диспетчера [2].

При таком подходе для оценки интеллектуальных мощностей применяют критерий, называемый смысловой мощностью (1) – $N_{\text{сем}}$:

$$N_{\text{сем}} = \Delta H \cdot I, \quad (1)$$

где ΔH – информационное напряжение, характеризующее деятельность диспетчера УВД, как источника управляющей информации, I – информационный ток, основой которого в процессе получения диспетчером УВД первоначального представления о ДВО является информация, преобразованная механизмом детектирования данных в формулярах сопровождения ВС в единицу времени.

Механизм получения диспетчером УВД первоначального представления о ДВО включен в функционал интеллектуального оператора Y_1^k , формирующего множество < *существенные переменные для ППР при УВД* $>_{\Pi_1}^{St}$ для цели – Π_1 – установления количества $BC^{(St)}$ в зоне ответственности и их взаиморасположения по критериям взаимного расположения в плане и направление перемещения $BC^{(St)} - \varepsilon_1$, а также высоты по цифрам эшелона в формуляре – ε_2 .

Мерой интеллектуального труда является вырабатываемый «смысл» (2) – C – за время T :

$$C = \int_0^T N_{\text{сем}} dt = \int_0^T \Delta H \cdot I dt = \Delta H \cdot I_{St}^{(k)}, \quad (2)$$

где $I_{St}^{(k)}$ – количество полученной и переработанной информации за время T .

Процесс запоминания или воспроизведения принятой информации требует от диспетчера волевых усилий – проведения работы по осмыслению, преобразованию, классификации, установлению внутренних (структура) и внешних (ассоциации) связей. Поэтому память диспетчера следует рассматривать как отношение полученной и проработанной за информации к информационному напряжению (3):

$$\Omega^{(k)} = \frac{\int_0^T I dt}{\Delta H} = \frac{I_{St}^{(k)}}{\Delta H}, \quad (3)$$

где $\Omega^{(k)}$ – емкостное «устройство» памяти диспетчера в системе «диспетчер – объект управления», представленной в виде информационной цепи А. А. Денисова.

Известно, человек читает незнакомый текст со скоростью около 600 знак/мин [2] – время чтения одного знака 0,1 с, и развивает смысловую мощность $N_{\text{сем}} = 200 \text{ бим}^2/\text{с}$ и пропускает информационный ток $I_{\text{max}} = 50 \text{ бит/с}$, что является физиологическим пределом.

Время сохраняемой в кратковременной памяти $\Omega_{\text{кратковр.}}^{(k)}$ информации не более 20 секунд играет основополагающую роль в процессе УВД. К тому же существует потребность в постоянном ее обновлении.

Так, зная возможный состав формуляров сопровождения – W_{BCi} , не трудно рассчитать, что среднее количество данных об одном ВС в штатных условиях с формуляром неактивного состояния около $I^{W_{BCi}} = 36 \text{ бит}$, а время на его восприятие 0,72 с. С учетом времени сохранения информации в кратковременной памяти диспетчер УВД способен воспринимать около 27 формуляров. Однако, учитывая показатель загруженности – отношение времени, затрачиваемого диспетчером на выполнение процедур и технологических операций по УВД, к интервалу времени, в течение которого выполняется оценка загруженности – допустимый 0,55, предельный 0,7, количество формуляров в один сеанс кратковременной памяти – 14-18.

В качестве средства повышения пропускной способности зрительного канала послужит применение полихромных моделей отображения элементов ДВО с акцентом на исполь-

зование хроматической стереоскопии (явления «выступление-отступление» цвета) в качестве инструмента, гармонизирующего восприятие [3].

Так, уже при рассмотрении наипростейшей цветохроматической модели отображения вертикали в ДВО [4] (привязка трех гармонических полутонов синего и трех гармонических полутонов зеленого цвета к отображению высоты в формуляре) среднее количество данных об одном ВС в штатных условиях с формуляром неактивного состояния будет около $I_{\text{синт}}^{W_{BC_i}(St)} = 31$ бит, а время на его восприятие 0,62 с, что на 0,1 секунду лучше, чем у числовых данных. С учетом времени сохранения информации в кратковременной памяти диспетчер УВД способен воспринимать уже около 32 формуляров. И, учитывая показатель загруженности, количество формуляров в один сеанс кратковременной памяти – 17-22 против 14-18 числового варианта. Что, исходя из (3), означает получение того же количества смысла при большем информационном напряжении или большее количество смысла при том же напряжении. Таким образом, сокращается дефицит и уменьшается нагрузка на память, а также повышается пропускная способность зрительного канала диспетчера УВД. Или же при эквивалентном количестве смысла уменьшается потребное время для его производства.

Другое преимущество полихромных вертикалей при ДВО проявляется в процессе решения диспетчером задачи определения классов толерантности (КТ) – $\{\Omega_{i,j}^{(KT)}\}$ (конфликтные, бесконфликтные, потенциально-конфликтные, ситуации сближения) и необходимости траекторного управления – Π_2 . Действующий при этом интеллектуальный оператор Y_2^k определяет классы толерантности с использованием зонно-временного, высотного, эвристического и других принципов усечения множества $\langle \text{существенные переменные для ППР при УВД} \rangle_{\Pi_1}^{St}$ и формирует в памяти записи множеств классов $\langle \text{значимо для ППР при УВД} \rangle_{\Pi_2}^k \in I_{St}^{(k)}$ с дальнейшей их неоднократной коррекцией, фильтрацией и межклассовым перемещением. Механизм формирования множества $\langle \text{значимо для ППР при УВД} \rangle_{\Pi_2}^k$ является результатом работы Y_2^k и осуществляется попарным сравнением формуляров сопровождения $W_{ij} \in \langle \text{существенные переменные для ППР при УВД} \rangle_{\Pi_1}^{St}$, формирующим напряжением на информационном источнике равное (4):

$$\Delta H = \log P_k / P_0, P_0 = 1, \quad (4)$$

$$P_k = \frac{1}{i! W_{ij}!}; i \neq j,$$

где P_k рассматривается в качестве субъективной вероятности наступления состояния Y_2^k – конгруэнтности у диспетчера УВД (ситуативной осведомленности достаточной для ППР при УВД), i, j – некоторые ВС.

Однако, по естественному закону восприятия элементы ДВО, одинаковые по цвету, пространственной ориентации, а также близкие друг к другу, имеют тенденцию к непроизвольному объединению, а элементы различных цветов напротив – к разделению, что позволяет говорить о возникающем эффекте направленного детектирования при работе интеллектуального оператора Y_2^k . И, как следствие, отступлении от механизма попарных переборов с уменьшением информационного напряжения ДВО.

Направленное детектирование характерных особенностей самого изображения – визуальных признаков – подталкивает к рассмотрению некоторого дескриптора, вживляемого уже на уровень поведенческих стратегий. Потому как мозг способен интерпретировать цвет и при нечетком изображении, при реализации работы дескриптора будет иметь место иной алгоритм анализа эшелон-уровней через около лежащие цветовые пятна периферийного зрения. Таким образом можно говорить о семантической навигации манипулированием вниманием как механизме поддержки ППР.

Инструментом направленного детектирования послужат компактные цветографические решения по экстраполяции движения ВС, включающие индикацию необходимости траекторных изменений с веером возможностей реализаций. На практике это устранил неточности оценки прогноза, а также окажет поддержку в ППР рациональной направленности.

Современная практика УВД движется навстречу эволюции информационных систем при неизбежной экономии средств, но прогресс взимает высокую плату за инертность гарантийного подхода. При этом существует необходимость в приложении всех усилий по обеспечению наиболее гладких переходов от одной информационно-технологической оболочки к последующей для сохранения высокого уровня безопасности полетов и безаварийного УВД.

Список литературы

1. Кухта М. С. Модели восприятия информации в вербальных и визуальных текстах // Вестник ТГПУ. Сер.: Гуманит. Науки. 2004. № 3(40). С. 116–119.
2. Рева А. Н., Устименко И. М., Плясовских А. П. Синтез деятельности и кибернетический анализ информационной нагрузки авиадиспетчера при высокой интенсивности воздушного движения // Авиационно-космическая техника и технология. 2015. №10 (127). С. 145–157.
3. Ефимов А.В., Панова Н.Г. Влияние полихромии на формообразование [Электронный ресурс] // Архитектура и современные технологии. 2014. № 4(29). С. 1–16. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2014/4kvart14/efimov/efimov.pdf> (дата обращения 19.10.2018).
4. Крыжановский Г.А., Пономарев К. Ю., Тимошко М. В. К оптимизации управления воздушным движением при развитии визуально-когнитивной составляющей // Научный вестник МГТУ ГА. 2018. № 21(3). С. 16–24. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2018-21-3-16-24> (дата обращения 19.10.2018).

УДК 656.71

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ПРИКАСПИЙСКОГО ЦЕНТРА ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Соболев Евгений Владимирович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Sobolev061649@yandex.ru

Рубцов Евгений Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Rubtsov.spb.guga@rambler.ru

Атаев Дагир Алексеевич – магистрант Высшей школы аэронавигации
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, DagirAtaev@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы обеспечения безопасности на объектах радиотехнического обеспечения полетов Прикаспийского центра обслуживания воздушного движения. Проанализированы системы безопасности наиболее важных объектов: курсового и глиссадного маяков, ближних приводных радиомаяков, системы ближней навигации и аэродромного радиолокатора. Приведены организационные мероприятия по повышению безопасности.

Ключевые слова: безопасность объектов ОВД, технические средства обеспечения безопасности, объекты службы ЭРТОС.

ENSURING SAFETY AT THE OBJECTS OF THE CASPIAN AIR TRAFFIC CONTROL CENTER

Sobolev Evgeny V. – PhD in Engineering, Professor, Department "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation

Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, Sobolev061649@yandex.ru

Rubtsov Evgeny A. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation

Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, Rubtsov.spb.guga@rambler.ru

Ataev Dagir A. – graduate student of High School of Aeronavigation

Saint-Petersburg state University of civil aviation

Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, DagirAtaev@mail.ru

Abstract. *The article describes the issues of safety at the objects of radio engineering support of flights of the Caspian air traffic service center. Security systems of the most important objects are analyzed: localizer and glidepath beacons, nondirectional beacons, short-range navigation systems and airfield radar. Organizational measures to improve safety are given.*

Keywords: *the safety of ATC objects, technical security systems, ATSEP objects.*

Аэропорт федерального значения Прикаспийского центра обслуживания воздушного движения (ОВД) Уйташ расположен в окрестностях Махачкалы. В настоящее время пропускная способность аэропорта Уйташ достигает 200 пассажиров в час на внутренних авиарейсах, 60 пассажиров в час на международных авиарейсах. Ежедневно из аэропорта вылетает 8–10 самолетов по направлениям: Москва, Санкт-Петербург, Сургут, Сочи, Ростов-на-Дону, Минводы. Аэропорт занимает второе место в Северо-Кавказском федеральном округе по объему пассажироперевозок [1].

Особое географическое местоположение аэродрома требует обеспечения повышенных мер безопасности на объектах радиотехнического обеспечения полетов. К одним из наиболее важных относят: курсовой радиомаяк (КРМ), глиссадный радиомаяк (ГРМ), ближний приводной радиомаяк (БПРМ), обзорный радиолокатор аэродромный (ОРЛ-А), радиомаяк азимутальный (РМА) и радиомаяк дальномерный (РМД), входящие в систему ближней навигации VOR/DME [2]. В таблице 1 представлены сведения об объектах Прикаспийского центра ОВД, в частности категория по нормам транспортной безопасности (ТБ) и способ охраны объекта [3, 4].

На рабочем месте оператора применяется программное обеспечение АРМ «Орион Про». Реализованы системы охранной сигнализации, контроля и управления доступом, охранного видеонаблюдения, противопожарные системы, сопряженные с инженерными системами объектов. Пост или контрольно-пропускной пункт (КПП) оборудован, ручным и стационарным металлодетектором, системой блокировки дверей на вход и выход, раздвижными воротами для автотранспорта, дорожным блокиратором, шлагбаумом и зеркалом для досмотра автотранспорта. В помещении поста установлена видеокамера согласно требованиям п. 5.25 приказа Минтранса России №40 «Об утверждении Требований по обеспечению транспортной безопасности» [1, 4, 5].

На объекте «Вышка» установлено около 30 видеокамер. Изображение со всех видеокамер выведено на монитор поста обеспечения транспортной безопасности, а система видеонаблюдения за постом управления обеспечением транспортной безопасности выведена в помещение ответственного за транспортную безопасность объекта транспортной инфраструктуры. На объекте «Вышка» при организации системы безопасности применяется беспроводная связь WiFi. Такой же тип связи применяется в системе безопасности объекта ДПРМ-322 [1].

Таблица 1 – Сведения об объектах ЕС ОрВД Прикаспийского центра ОВД филиала «Аэронавигация Юга» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»

Полное наименование объекта	Категория по ТБ	Способ охраны объекта в настоящий момент
Объект «Вышка» Прикаспийского центра ОВД	IV	Один стационарный пост физической охраны, система охранной сигнализации периметра, система охранного видеонаблюдения внутри здания и по периметру.
КРМ-142	-	Система охранной сигнализации периметра, система охранного видеонаблюдения выведен на пост охраны. Штатная охранная сигнализация объекта выведена на рабочее место дежурного инженера службы ЭРТОС
ГРМ-142	-	
КРМ-322	-	
ГРМ-322	-	
БПРМ-142	-	Система охранной сигнализации периметра, выведен на пост охраны. Штатная охранная сигнализация объекта на рабочее место дежурного инженера службы ЭРТОС
БПРМ-322		
РМА совмещенный с РМД	-	Штатная охранная сигнализация объекта на рабочее место дежурного инженера службы ЭРТОС
ОРЛ-А	-	Штатная охранная сигнализация объекта, выведен на рабочее место дежурного инженера службы ЭРТОС. Постоянное нахождение дежурного персонала

Организация беспроводной передачи видеоинформации и тревожных извещений с удаленного объекта представляет собой комплекс устройств обеспечения безопасности, и имеет ряд основных преимуществ перед другими способами передачи:

1. Отсутствие зависимости от длины и контроля кабельного подключения, и расходов на него.

2. Шифрованный канал данных, различный тип шифрования пароля WPA2, WPE и др.

3. Отсутствие абонентской оплаты.

4. Централизованное управление системами безопасности.

5. Использование беспроводного канала передачи в условиях отсутствия и затрудненного проведения кабельного подключения.

6. Функциональность беспроводного подключения.

Так же имеются и некоторые недостатки беспроводного канала:

1. Прямая зависимость качества канала от прямой видимости антенн оборудования. (при имеющихся препятствиях в прямой видимости дальность передачи значительно сокращается)

2. Необходимо контролировать состояние антенн приборов.

3. Наличие сетевого экрана на ПК.

Применяемые средства обеспечения безопасности отвечают отечественным и международным требованиям [6, 7].

Однако имеется ряд нерешенных вопросов в области транспортной безопасности, например, до сих пор не внедрена многокритериальная оценка уровня уязвимости объектов обслуживания воздушного движения [8].

В настоящее время имеются некоторые отклонения от требований по защите от террористических атак: некоторые участки дороги удалены от периметра более 300 метров, расположенные поблизости кирпичные заводы из-за дыма и паров ухудшают видимость в районе аэродрома, требует ремонта существующая линия электропередач [1].

Для обеспечения ТБ предприняты следующие меры:

– по периметру аэропорта установлено ограждение из сетки, высотой которой составляет 213 мм;

– периметровое ограждение имеет магнитно-резонансными датчики;

– установлено 187 видеокамер дневного и ночного видения, применяются инфракрасные прожекторы.

Охрана периметра аэропорта осуществляется подразделениями охраны службы авиационной безопасности и отрядами МВД. Ряд участков оборудован видеокамерами, изображение которых выводится в пункт центрального наблюдения. На охране аэродрома задействовано 115 камер видеонаблюдения (помимо периметровых), которые позволяют осуществлять контроль за пунктами досмотра, перроном, аэровокзалом, привокзальной площадью, объектами горюче-смазочных материалов, стоянками воздушных судов, почтово-грузовым складом и другими объектами. Патрулирование производится 8 раз в сутки. Центральный пункт наблюдения оборудован полным комплектом технических средств. На всех пунктах досмотра имеется необходимое количество интроскопов, стационарных и портативных металлоискателей, телефонных аппаратов. Запущен в действие комплекс автоматизированной системы управления и контроля доступа (АСКУД) в контролируемую зону и режимные объекты, установлено резервное оповещение на случай ЧС [1].

Благодаря всем принятым мерам, за два последних года пресечены попытки проноса около трех тысяч единиц опасных предметов и 1261 единиц опасных веществ, среди которых огнестрельное и холодное оружие, воспламеняющиеся жидкости и другое. В аэропорту разработан, согласован и утвержден «Паспорт антитеррористической защищенности объекта аэропорт «Махачкала» и действует аварийно-спасательная команда, в которую входят сотрудники основных подразделений аэропорта, ежемесячно проводятся учения по отработке и закреплению навыков на случай возникновения чрезвычайных ситуаций [1].

Таким образом, по результатам анализа можно сделать следующие выводы и заключения:

1. Прикаспийский центр ОВД (в частности аэропорт Уйташ) является важным стратегическим объектом транспортной инфраструктуры, требующим современного оснащения и наличия высококвалифицированных работников сил ТБ.

2. Для обеспечения транспортной безопасности применяют:

– патрулирование территории;

– видеонаблюдение;

– досмотр людей и транспорта с применением технических средств обеспечения транспортной безопасности.

3. Силы транспортной безопасности включают следующих специалистов, выполняющих работы по патрулированию, анализу видеоизображений, досмотру, категорированию объектов.

В настоящее время перед службой транспортной безопасности стоит сложная задача подготовки молодых специалистов и доведения их профессионального уровня до требуемого значения. Проблему усугубляет факт наличия возрастного разрыва: сейчас в службе имеется две большие категории работников – те, кому больше 50 лет и те, кому меньше 30 лет. Отсутствует равномерность в составе персонала. Довольно часто это приводит к непониманию, ошибкам, неправильным действиям и затрудняет обучение и передачу опыта молодым специалистам. Также стоит отметить порочную практику приема на работу молодого специалиста с одновременным увольнением персонала пенсионного возраста. Молодой специалист не получает из первых рук необходимого багажа знаний и особенностей конкретного рабочего места, затрудняется его профессиональный рост. В ряде случаев новый специалист принципиально не может достигнуть уровня уволенного сотрудника, что приводит к падению общей профессиональной подготовки всей службы и влияет на уровень безопасности.

В настоящее время в России идет внедрение и развитие системы обеспечения транспортной безопасности [9]. Само понятие «транспортная безопасность» имеет своей целью установить унифицированную систему: как министерство транспорта включает в себя полномочные органы для каждого вида транспорта, так и транспортная безопасность на единой методологической основе должна применяться к разным видам транспорта, включая и воздушный транспорт.

Пока что имеется ряд проблем из-за неполного соответствия закона о транспортной безопасности существующим российским нормам по авиационной безопасности, а также документам ИКАО. Это является довольно серьезной проблемой для воздушного транспорта, поскольку в нем, как ни в каком другом важно соответствие международным стандартам и рекомендуемой практике.

Список литературы

1. Авиационная безопасность в аэропорту Махачкалы [Электронный ресурс]. – Министерство транспорта, энергетики и связи Республики Дагестан. URL: http://mintesrd.ru/press-tsentr/novosti/aviatsionnaya-bezopasnost-v-aeroportu-makhachkaly-stala-predmetom-obsuzhdeniya-v-mintransenergосvyazi-dagestana-_350 (дата обращения 20.10.2018).

2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электро-связь / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич [под ред. С.А. Кудрякова]. Санкт-Петербург: Свое Издательство, 2016. 287 с.

3. Маслаков М.Д. Некоторые вопросы обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. СПб.: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2017. Том 1. С. 166–169.

4. Федеральный закон «О транспортной безопасности»: от 9.02.2007 №16-ФЗ. 35 с.

5. Об утверждении «Требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств воздушного транспорта»: приказ Минтранса РФ от 8 февраля 2011 г. № 40. 46 с.

6. Беляев С.А., Остапченко Ю.Б., Кудряков С.А. Опыт применения комплексных систем безопасности на объектах транспортной инфраструктуры // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. СПб.: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. Том 2. С. 199–202.

7. Руководство по авиационной безопасности. ИКАО. Doc.8973/9. 2014. 818 с.

8. Носков С.И., Протопопов В.А. Многокритериальная оценка уровня уязвимости объектов транспорта // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. СПб.: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. Том 1. С. 98–102.

9. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства РФ №1734-р от 22.11.2008 (в ред. распоряжения Правительства РФ №1032-р от 11.06.2014). 71 с.

УДК 656.71

АНАЛИЗ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Рубцов Евгений Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радио-электронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Rubtsov.spb.guga@rambler.ru

Соболев Евгений Владимирович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Sobolev061649@yandex.ru

Гимранов Радик Алексеевич – магистрант Высшей школы аэронавигации
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Gimranov.RA@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены требования к светотехническому оборудованию аэродромов, в частности к огням высокой интенсивности, применяемым на конечном этапе захода воздушного судна на посадку. Для аэропорта Нижневартовск произведен расчет дальности видимости огней при различных погодных условиях. Предлагается увеличить силу света огней подхода до 12000-15000 кандел для достижения требуемой дальности видимости.

Ключевые слова: безопасность полетов, заход на посадку, светотехническое оборудование аэродромов, огни подхода.

ANALYSIS OF APPROACH LIGHTING SYSTEMS

Rubtsov Evgeny A. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation

Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, Rubtsov.spb.guga@rambler.ru

Sobolev Evgeny V. – PhD in Engineering, Professor, Department "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation

Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, Sobolev061649@yandex.ru

Gimranov Radic A. – graduate student of High School of Aeronavigation

Saint-Petersburg state University of civil aviation

Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, Gimranov.RA@yandex.ru

Abstract. The article discusses the requirements for the approach lighting systems, in particular for high-intensity lights used at the final stage of an aircraft landing approach. For the airport Nizhnevartovsk, the calculation of the range of visibility of lights under different weather conditions was made. It is proposed to increase the light intensity of the approach lights to 12,000–15,000 candelas to achieve the required visual range.

Keywords: flight safety, landing, aerodrome lights, approach lightning.

Для обеспечения требуемой безопасности полетов необходимо применять не только радиотехнические системы, но и светотехническое оборудование в виде огней взлетно-посадочной полосы (ВПП), огней подхода и огней визуальной индикации глиссады [1, 2].

Светотехническое оборудование аэродромов применяют для обеспечения [3]:

- конечного этапа захода на посадку;
- посадки и взлета самолетов ночью и днем при соответствующих метеоусловиях;
- руления и регулирования движения самолетов по аэродрому.

Посадочное светотехническое оборудование делится на четыре светосигнальные системы:

1) ОМИ (огни малой интенсивности) устанавливаются на ВПП, оборудованной для захода на посадку по приборам или визуально.

2) ОВИ-1 (огни высокой интенсивности) I категории.

3) ОВИ-2 II категории.

4) ОВИ-3 III категории.

Согласно установленным нормам, огни подхода и огни ВПП включаются [3–5]:

– при ночных полетах за 15 минут до захода солнца или расчетного времени прибытия ВС;

– в дневных условиях при видимости 2000 м и менее;

– в других случаях по требованию органа обслуживания воздушного движения или экипажа ВС.

Система визуальной индикации глиссады включается [3–5]:

– при ночных полетах за 15 минут до захода солнца или расчетного времени прибытия ВС;

– в дневных условиях за 15 минут до расчетного времени прибытия ВС.

Огни подхода и огни ВПП выключаются [3–5]:

– с восходом солнца;

– в дневное время при видимости более 2000 м;

– при отсутствии полетов или перерыве в прилетах (вылетах) ВС более 15 минут.

Система визуальной индикации глиссады выключается при перерывах в прилете воздушных судов более 15 минут [3–5].

В системах ОВИ-1, ОВИ-2, ОВИ-3 должно быть предусмотрено регулирование яркости огней не менее чем пятью ступенями в соотношении 1:3: 100%, 30%, 10%, 3% и 1% от номинального значения средней силы света.

В системах ОМИ, установленных на оборудованных ВПП, а также для глиссадных огней должно быть предусмотрено регулирование яркости огней не менее чем тремя ступенями: 100%, 30% и 10%. В системах ОМИ, в которых используются боковые огни ВПП с силой света в направлении захода на посадку или взлета от 200 кд до 500 кд, должно быть предусмотрено регулирование яркости огней не менее чем двумя ступенями: 100% и 30%.

В системах ОМИ, в которых сила света боковых огней ВПП составляет более 1000 кд, должны сохраняться следующие соотношения силы света огней различного назначения к силе света боковых огней ВПП:

а) центральный ряд огней приближения и светового горизонта: 1,5...2,0;

б) входные огни ВПП и фланговые входные огни: 1,0...1,5;

в) ограничительные огни ВПП: 0,25...0,5.

В случае совместного использования огней малой интенсивности с огнями высокой интенсивности (например, центрального ряда огней приближения и световых горизонтов системы ОМИ с боковыми огнями ВПП системы ОВИ-1 и т.д.) сбалансированность системы должна обеспечиваться соответствующей регулировкой яркости огней высокой интенсивности.

В аэропорту Нижневартовск установлено светосигнальное оборудование с огнями высокой интенсивности (ОВИ-1). Система ОВИ-1 имеет в своем составе следующие подсистемы [6]:

– огни приближения кругового обзора;

– огни приближения прожекторные;

– боковые огни ВПП 92302Ц, выполняющие функции огней кругового обзора, и прожекторных огней первого и второго направления одновременно;

– входные огни;

– ограничительные огни;

– глиссадные огни марки 95293.

Между ближним приводным радиомаяком и началом ВПП, на линии продолжения оси ВПП, установлены линейные огни приближения прожекторного типа по центральному ряду. Общая длина линии огней приближения составляет 900 метров, при этом каждый линейный огонь приближения состоит из пяти арматур. Расстояние между линейными огнями в продольном направлении составляет 30 метров, а между арматурами в ряду 1 метр. Цвет излучения огней приближения белый. Линию огней приближения пересекает под прямым углом один световой горизонт. Световой горизонт состоит из 10 огней прожекторного типа белого цвета, расположенных на расстоянии 300 метров от порога ВПП. Ширина светового горизонта составляет 30 метров. Расстояние между огнями в световом горизонте 2,5 метра. На всем протяжении линии огней приближения через каждые 60 метров и на световом горизонте, расположенном на расстоянии 300 метров от порога ВПП, установлены, соответственно, огни приближения и светового горизонта кругового обзора, которые излучают белый свет во всю верхнюю полусферу. Эти огни предназначены для использования только ночью при видимости более 4 километров. Включаются огни только на 1, 2 и 3 группах [6].

Определение дальности действия огней ОВИ производится с учетом характеристик огней: силы света I (измеряется в канделах – кд) и освещенности E (измеряется в люксах – лк). Сила света определяется по формуле [4, 7]:

$$I = E \cdot l^2, \quad (1)$$

где l – расстояние до источника света.

Системы светосигнального оборудования с огнями высокой интенсивности должны иметь силу света не менее 10000 кд. Для оценки информативности огней рассчитаем дальность видимости по формуле [8, 9, 10]:

$$I = E_{пор}^{зр} \cdot l_в^2 \cdot 10^{\frac{3.5 \cdot l_в}{S}}, \quad (2)$$

где $E_{пор}^{зр}$ – пороговая освещенность на зрачке наблюдателя, лк;

$l_в$ – посадочная дальность видимости огня, м;

S – требуемая дальность видимости на ВПП, м.

Согласно 4 части Руководства по проектированию аэродромов (Дос.9157) пороговая освещенность зависит от условий и составляет [5]:

- 1) Ночью: $8 \cdot 10^{-7}$ лк или 0.8 кд.
- 2) В сумерках: 10^{-5} лк или 10 кд.
- 3) Днем: 10^{-4} лк или 100 кд.
- 4) В тумане: 10^{-3} лк или 1000 кд.

Кроме того, при анализе учитывается положение глаз пилота и сектор видимости огней приближения. Отсюда следует, что посадочная дальность видимости должна быть не менее [5, 7, 10]:

$$D_{noc} = \frac{h_{BC}}{\sin 10^\circ} = 5.76 \cdot h_{BC}. \quad (3)$$

Анализ светотехнической системы аэропорта Нижневартовск показал, что в настоящее время часть линейных огней приближения не обеспечивает требуемой силы света вследствие ухудшения характеристик ламп, также вследствие замены ламп на менее мощные. Для расчетов примем силу света линейных огней 5000...7000 кд. Огни светового горизонта соответствуют системе Луч-4.

Рассмотрим схему захода на посадку для угла наклона глиссады $2^\circ 40'$. Исходя характеристик наклона лучей линейных огней, можно сделать вывод о том, что кабина пилота попадет в максимум первой линии огней (находящейся на удалении 900 м от торца ВПП) находясь на высоте 460 м и на удалении от ВПП 9700 м. Проведем расчет требуемой метеорологической видимости, необходимой для наблюдения огней на различных высотах и на различных удалениях от ВПП. Результаты сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Анализ видимости для существующей светотехнической системы

Удаление от ВПП, м	Высота, м	Посадочная дальность видимости, м	Требуемая дальность видимости, м		
			Ночь	Сумерки	Туман
2000	100	576	460	620	1660
1500	82	472	360	480	1200
1000	60	345	250	320	740

Анализ таблицы показывает, что существующая система посадки может обеспечить требуемую категорию в ночное время и в сумерки, однако при этом атмосфера должна быть чистой. В тумане требуемые характеристики не обеспечиваются.

В качестве альтернативы рассмотрим более совершенную светотехническую систему. Преимущества ее состоят в том, что линейные огни и огни светового горизонта обеспечивают повышенную силу света 12000...15000 кд. Результаты расчета для данной системы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ видимости для предлагаемой светотехнической системы

Удаление от ВПП, м	Высота, м	Посадочная дальность видимости, м	Требуемая дальность видимости на ВПП, м		
			Ночь	Сумерки	Туман
2000	100	576	420	550	1260
1500	82	472	330	430	920
1000	60	345	230	290	540

Из анализа видно, что предлагаемая светотехническая система способна обеспечить установление визуального контакта на дальности превышающей 1000 м при высоте полета 60 м даже в условиях тумана. Следовательно, в сложных метеоусловиях экипаж сможет перейти из режима посадки по РМС к визуальному режиму посадки.

Список литературы

1. Об утверждении федеральных авиационных правил «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации»: приказ Министерства транспорта РФ от 20 октября 2014 г. № 297. 86 с.
2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич [под ред. С.А. Кудрякова]. Санкт-Петербург: Свое Издательство. 2016. 287 с.
3. Авиационные правила. Часть 170, том II. Сертификационные требования к оборудованию аэродромов и воздушных трасс. МАК. Издание 3. 2013. 216 с.
4. Аронов О.Н., Ломанов Б.Н. Светотехническое оборудование аэродромов: учеб. пособие. Ульяновск: УВАУ ГА. 2002. 105 с.
5. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 1: Взлетно-посадочные полосы. Doc.9157 AN/901. Издание 3. ИКАО. 2006. 90 с.
6. Инструкция по использованию светосигнального оборудования с огнями высокой интенсивности в аэропорту Нижневартовск. 2016. 54 с.
7. Баранов А.М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 205 с.
8. Гаврилов В.А. Видимость в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 323 с.
9. Дорофеев В.В., Маляр А.А. Экспертная оценка условий посадки при минимумах I, II, III категории ИКАО // Всероссийская научная конференция по современным методам подготовки специалистов и совершенствованию систем и средств наземного обеспечения авиации, сборник статей. Воронеж. 1998. С. 69–75.
10. Дорофеев В.В., Маляр А.А. Диагноз наклонной видимости в сложных метеоусловиях // Сборник статей военно-научного общества. Воронеж. ВВАИИ. 1998. Вып. 21. С. 24–30.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ ВЕРТОЛЕТОВ НАД ВОДНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

Чугунов Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, mip.altair@yandex.ru

Аннотация. Посадки воздушных судов на воду относительно не редки. Наиболее опасны приводнения вертолетов на холодные воды. Самолеты могут продержаться на воде от нескольких минут до нескольких часов. Вертолеты тонут быстро. При этом вертолеты имеют тенденцию переворачиваться под весом редуктора и двигателей, что затрудняет эвакуацию людей. На Севере основным средством сообщения и выполнения поисково-спасательных работ являются вертолеты. Их экипажи и пассажиры нуждаются в надежных средствах защиты при авиационных происшествиях.

В руководящих документах регламентирующих обеспечение ВС спасательными средствами, действуют «тепличные нормативы», которые способствуют увеличению коммерческой загрузки, а не обеспечению выживания людей.

Для выбора спасательных средств для экипажа и пассажиров вертолетов предлагается исходить из следующих требований:

- индивидуальные спасательные средства одеваются на людей перед взлетом;
- групповые плавсредства располагаются непосредственно у выходов;
- в спасательном комплекте предусматриваются индивидуальные дыхательные аппараты, рассчитанные на пребывание под водой не менее 10 минут;
- расчетное время автономного существования не менее 3 суток.

К индивидуальным спасательным средствам относятся морской спасательный костюм, спасательный жилет и кислородный дыхательный прибор.

Обосновано применение спасательных весельно-парусных лодок, их тактико-технических характеристик и конструкции.

Ключевые слова: приводнение воздушного судна, выживание в холодных морях, авиационные спасательные плавсредства.

SAFE NAVIGATION OF SMALL VESSELS IN THE SEA AND RIVER PORTS

Chugunov Valery Iv. – PhD, Assistant Professor, Leading Researcher of the Department of Information Support of the Population and Technologies for Information Support of the Emergency Response System and Fire Safety of the Center for the Organization of Research and Editorial Activity

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, mip.altair@yandex.ru

Abstract. Aircraft landing on water is relatively rare. The most dangerous landing helicopters on the cold water. Planes can hold out on the water from several minutes to several hours. Helicopters sink quickly. While helicopters have a tendency to tip over under the weight of gearboxes and engines, making it difficult to evacuate people. In the North of the main means of communication and to perform search-and-rescue helicopters are. Their crews and passengers need to be reliable means of protection in aviation accidents.

In guidance documents governing the provision of SUN life-saving appliances operate «greenhouse» standards that help to increase commercial load, rather than the survival of people.

To select the rescue funds for the helicopter crew and passengers are encouraged to be based on the following requirements:

- the protective equipment and saving means individual dress up on people before takeoff;*
- group boats are located directly at the exits;*
- rescue Kit provides individual breathing apparatus designed to stay under water for at least 10 minutes;*
- estimated time of autonomous existence no less than 3 days.*

To individual life-saving appliances include maritime rescue suit, life jacket and oxygen breathing device.

Application of the rescue vjospelno-sailing boats, their tactical and technical characteristics and design.

Key words: *aircraft landing, survival in cold seas, aircraft rescue boats.*

Россию окружают холодные моря, которые значительную часть года покрыты льдами, а летом температура воды лишь на короткое время поднимается выше 20⁰С (Черное, Азовское, Балтийское и Японское моря). Над акваторией северных морей проходят кроссполярные и трансполярные воздушные трассы. Интенсивно развивается судоходство по Северному Морскому пути и освоение островов в Ледовитом океане. Над дальневосточными морями проходят трансовосточные трассы с высокой интенсивностью движения. На морском и воздушном транспорте, буровых платформах в означенных районах возможны происшествия, которые потребуют выполнения поисково-спасательных работ.

Посадки воздушных судов (ВС) на воду относительно не редки. Наиболее опасны приводнения ВС на холодные воды. Самолеты могут продержаться на воде от нескольких минут до нескольких часов. Об этом свидетельствуют посадки самолета Ту-124 на Неву 21 августа 1963 года, Boeing 377 на Тихий океан 15 октября 1956 года. Авиалайнер компании US Airways со 150 пассажирами на борту приводнился на Гудзоне. Всего более десятка случаев. Малые самолеты, кабины которых не герметичны, тонут значительно быстрее. Происшествий с ними на воде значительно больше, но они не вызывали широкого резонанса и поэтому о таких посадках мало известно. Вертолеты тонут быстро. При этом вертолеты имеют тенденцию переворачиваться под весом редуктора и двигателей, что затрудняет эвакуацию людей. Достаточно вспомнить гибель поисково-спасательного вертолета Сочинской РПСБ, поисково-спасательного вертолета Ми-14ПС неподалеку от острова Сахалин, вертолета Ми-8 у берегов Шпицбергена 26 октября 2017.

При приводнении у экипажа и пассажиров возникают две задачи по спасению жизни: избежать утопления и выжить при автономном существовании. Для выполнения этих задач необходимо иметь индивидуальные и коллективные средства выживания. Поражающие факторы в холодных водах: утопление и переохлаждение организма.

На Севере основным средством сообщения и выполнения поисково-спасательных работ являются вертолеты. Их экипажи и пассажиры нуждаются в надежных средствах защиты при авиационных происшествиях. Однако, в руководящих документах [1, 2], регламентирующих обеспечение ВС спасательными средствами, действуют «тепличные нормативы», которые способствуют увеличению коммерческой загрузки, а не обеспечению выживания людей [3, 4].

Для пассажирских судов в качестве коллективного спасательного средства, как правило, применяются плоты. Они хорошо защищают от атмосферных осадков и солнечной радиации. Но они не имеют окон. В холодное время двери закрыты, кругового обзора нет. У людей, находящихся в замкнутом пространстве, быстро нарастает психическое напряжение, страхи. Ален Бомбар писал, что страх убивает. Плот уязвим в полосе прибоя. При опрокидывании его люди могут не выбраться. Об этом тоже пишет А. Бомбар. Плот неуправляем. Приводнение может быть вблизи берега, но ветер может унести плот в открытое море. В замкнутом объеме плота одежда быстро пропитывается влагой, что увеличивает потери тепла. По этим причинам на вертолетах, выполняющих полеты над холодными морями предпочтительней весельно-парусная лодка. Важно быстрее выбраться на берег или, хотя бы, на

льдину.

Для выбора спасательных средств для экипажа и пассажиров вертолетов (особенно служебных, спасательных групп) предлагается исходить из следующих требований:

- индивидуальные спасательные средства одеваются на людей перед взлетом;
- групповые плавсредства располагаются непосредственно у выходов;
- в спасательном комплекте предусматриваются индивидуальные дыхательные аппараты, рассчитанные на пребывание под водой не менее 10 минут;
- расчетное время автономного существования не менее 3 суток.

Последнее обуславливается условиями региона и состояния поисково-спасательных подразделений.

К индивидуальным спасательным средствам относятся морской спасательный костюм (МСК), спасательный жилет и кислородный дыхательный прибор. Практические испытания МСК (Nord sea professional) с дыхательным прибором ИВА-24 показали, что костюм, до его намокания, позволяет оставаться на поверхности воды около 10 минут. В подводном состоянии ИВА-24 не мешает выполнять работу. Однако, его запас воздуха на 24 минуты пребывания под водой – избыточен. Применение кислорода позволит уменьшить габариты баллона и сделать его менее заметным. Спасательный жилет также может изготавливаться меньшего размера, так как необходимую плавучесть обеспечивает непромокаемый дышащий МСК,

Минимальный состав экипажей вертолетов 2-3 человека, поисково-спасательных групп 3-4 человека. Соответственно, авиационная спасательная лодка (АСЛ) должна вмещать 6-7 человек. Основным двигателем АСЛ является парус. Его качество определяет основные тактические характеристики АСЛ. Важнейшую роль играет материал, из которого изготовлена лодка.

В настоящее время применяется только лодка ЛАС-5М-3 с прямым парусом, изготовленная из прорезиненной хлопчатобумажной диагонально дублированной ткани. Лодка морально и технически устарела. Гарантия на ткань 6 лет при условии хранения на складе и эксплуатации только при плюсовой температуре. Вместимость 5 человек, что недостаточно. Держит форму лодки при избыточном давлении $8 \div 10,7$ кПа ($60 \div 80$ мм рт. ст.). Эксплуатационное избыточное давление не более 16 кПа (120 мм рт. ст.). При повышении температуры газ стравливается, при понижении – приходится подкачивать насосом. Имеет ряд других технических недостатков. Самое уязвимое место ЛАС-5М-3 – прямой парус.

Парусное вооружение лодки ЛАС-5М-3 имеет следующие недостатки:

- для того чтобы закрепить парус на мачте или снять его нужно становиться на борта или днище лодки в полный рост (рис. 1). При волнении моря это опасно. Особенно, когда парус нужно снять из-за усиления ветра свыше допустимого (13 м/с);
- если шкоты вольно или невольно (такое тоже случается) отпустить, то центр парусности поднимается и опрокидывающий момент возрастает;
- быстрый сброс паруса (при шквале или обнаружении подводного камня) не возможен;
- сложный в управлении (4 шкота).

В период 10-11 августа 2018 года на акватории Суходольского озера были проведены сравнительные испытания серийной лодки ЛАС-5М-3 (рис. 1) и экспериментальной лодки, изготовленной из полиуретановой ткани по патенту RU 161337 с парусами (стаксель-спинакер), изготовленными по патенту RU 171003 (рис. 2). В Балтийском море испытана доработанная лодка ЛАС-5М-3 с бушпритом (рис. 3), на которой установлен парус (по патенту RU 171003) и увеличена мачта. В обоих испытаниях лодки с треугольным стаксель-спинакером показали более высокие тактико-технические характеристики и безопасность.



Рисунок 1



Рисунок 2



Рисунок 3

В ходе испытаний установлено:

- паруса новой конструкции более просты и безопасны при установке и снятии;
- угол хода к ветру достиг 50 градусов;
- предельно допустимый ветер для основного паруса – 18 м/с, для штормового – 24 м/с;
- паруса новой конструкции более просты в управлении, как с попутными, так и встречными ветрами;
- лодки новой конструкции как с бушпритом, так и с наклонной мачтой хорошо балансируются в широком диапазоне ветров и имеют явное преимущество над серийной лодкой ЛАС-5М-3;
- применение полиуретановой ткани позволяет применять при изготовлении сварку материалов и увеличить срок службы по гарантии ткани до 20 лет и эксплуатировать при температурах от – 60 до + 70⁰С.

Отличие стандартного (прямого) и предлагаемого паруса (треугольный):

- прямой парус управляется четырьмя шкотами при попутных ветрах и тремя при встречных (передний нижний закреплен в переднем коуше); треугольный управляется двумя шкотами на попутных ветрах и одним на встречных (передний угол крепится на бушприте карабином);
- прямой парус крепится на мачте вручную, треугольный поднимается фалом (матросу не нужно вставать в полный рост на днище или на борта лодки).

Преимущества треугольного паруса: легкий и прост в управлении, легко ставится и снимается за 1 секунду; центр парусности находится внизу паруса (1/3 длины), благодаря чему значительно меньше опрокидывающий момент и нагрузка на мачту.

Прочность на разрыв ткани на нейлоновой основе, покрытой с двух сторон полиуретаном толщиной 0,1 мм и удельной плотностью 470 грамм/кв. м – 50 кг/см. Это позволяет отказаться от предохранительного клапана. Исчезает необходимость подкачивать лодку. Лодка из такой ткани накачанная до избыточного давления 0,2 атм. при температуре воздуха

+20⁰С за 5 суток движения по Балтийскому морю не подкачивалась ни разу, лодку ЛАС-5М-3 приходилось подкачивать через каждые 1,5–2 часа. На испытаниях в заводских условиях днище из ткани с односторонним покрытием полиуретаном толщиной 0,1 мм и удельной плотностью 330 грамм/кв. м, с расстоянием 40 мм между продольными нервюрами из полиэфировой ленты было выдержано 7 суток под избыточным давлением 0,56 атм. И не разрушилось.

При условии, что лодка накачана при температуре 0⁰С до избыточного давления 0,2 атм., для того, чтобы давление газа в ней увеличилось на 0,1 атм. ее нужно нагреть на 36 градусов, на 0,2 атм. – на 72 градуса.

Проведенный комплекс испытаний позволил сделать следующие выводы:

– нет необходимости модернизировать лодку ЛАС-5М-3 из прорезиненной ткани под новые паруса с установкой бушприта и удлинением мачты на одно звено, так как это ведет к некоторому удорожанию лодки, хотя ТТД ее улучшаются, но вместимость лодки и воздухо- непроницаемость корпуса остаются недостаточными;

– новая лодка из полиуретановой ткани имеет ресурс в 3-4 раза больше, более надежна, хорошо держит давление несколько суток и может вместить 7 человек при собственной массе равной лодке ЛАС-5М-3;

– соотношение цена-качество у новой лодки также выше при одновременном снижении эксплуатационных расходов (не требуется каждые 6 месяцев выполнять регламентные работы по проверке герметичности лодки и вести борьбу с плесневым грибком).

Список литературы

1. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» (В редакции приказов Министерства транспорта Российской Федерации от 21.12.2009 г. № 242; от 22.11.2010 г. № 263).

2. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (НПП ГА - 85). М.: Воздушный транспорт. 1985. 15 с.

3. Селезнев А.В., Чугунов В.И. О совершенствовании системы подготовки и оценки подготовленности авиаперсонала к проведению аварийно-спасательных работ на воздушных судах // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2009. № 149. С. 14–20.

4. Архипов М.И., Шарапов С.В., Чугунов В.И. Снижение пожароопасности салонов пассажирских самолетов на примерах зарубежных авиакомпаний // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2012. № 1. С. 12–15.

УДК 629.125

АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНСПЕКЦИИ ПО МАЛОМЕРНЫМ СУДАМ МЧС РОССИИ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Копейкин Николай Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела пожарной безопасности транспорта НИИ перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, knns1@mail.ru

Аннотация. Предложена методика оценки деятельности подразделений Государственной инспекции по маломерным судам (ГИМС) МЧС России. Оценка производится по показателям, характеризующим и оценивающим: уровень аварий с маломерными судами и гибель людей при эксплуатации маломерных судов; работы по техническому освидетельствованию поднадзорных судов, пляжей и других мест массового отдыха населения на водоемах; работы по техническому освидетельствованию переправ и баз (сооружений) для стоянок маломерных судов; эффективность контроля на водных объектах; состояние профилактико-пропагандистской работы и т.д.

Ключевые слова: маломерные суда, надзорная деятельность, безопасность людей, критерии оценки.

ANALYSIS OF SMALL VESSELS INSPECTORATES ACTIVITIES IN TERMS OF SECURITY AND PROTECTION OF PEOPLE LIFE ON WATER OBJECTS, EMERCOM OF RUSSIA

Kopeykin Nikolay N. – PhD in Engineering sciences, senior researcher, leading researcher of the Transport fire safety department of the Research Institute of advanced studies and innovative technologies in the life safety

Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, knns1@mail.ru

Abstract. this article suggests a set of tools for evaluating of EMERCOM Small-sized boats 'departments activities' performance. Evaluation is carried out according to the indicators that describe and evaluate the accident death rate while exploiting small-sized boats and vessels; supervised vessels technical inspection specifics and specifics of inspecting water recreational places, technical inspection of small-sized vessel's parking lots, the efficiency level of water recreational places monitoring, the efficiency level of promotion works.

Keywords: small vessels, supervisory activity, human security, evaluation criterion.

В последнее время произошло увеличение числа маломерных судов речного и морского плавания, находящихся в собственности как физических, так и юридических лиц; количества баз (сооружений) для стоянки маломерных судов; количества мест отдыха людей на воде, пляжей; количества и номенклатуры патрульных и спасательных судов МЧС и ГИМС, совершенствуется инфраструктура. Все это ведет к увеличению объема работ, выполняемых ГИМС МЧС России, а, соответственно, и ежегодных контрольных заданий по основным направлениям надзорной и контрольной деятельности.

Однако нормативно-методическая документация по обеспечению деятельности ГИМС и анализу ее результатов в достаточной степени устарела и не соответствует современным требованиям. В частности, в действующих в настоящее время документах одним из основных критериев оценки является сравнение показателей с данными за аналогичный период предыдущего года. Такой подход к оценке деятельности не всегда объективен, например, при оценке деятельности по регистрации маломерных судов или аттестации судоводителей, так как эти показатели не зависят от желания государственных инспекторов ГИМС, а скорее отражают общие экономические и культурные изменения, происходящие в Российской Федерации.

В связи с вышеизложенным и изменением функций ГИМС (в том числе - обеспечение безопасности на водных объектах) возникла необходимость переработки и совершенствования нормативно-методической документации по анализу результатов деятельности ГИМС.

Анализ результатов деятельности ГИМС, в том числе и по обеспечению безопасности людей на водных объектах в настоящее время осуществляется в соответствии с приказами

МЧС и разработанными на их основании в Управлении ГИМС МЧС России и региональных центрах МЧС методическими рекомендациями [1–7].

Вопросы, касающиеся основных критериев оценки деятельности ГИМС МЧС России, были рассмотрены в работе [8].

В соответствии с приказом МЧС России от 30.12.2008 г. № 850 [3] и приказом МЧС России от 30.03.2010 г. № 142 [4] в Главных управлениях по субъектам Российской Федерации определяется порядок подведения итогов и предоставления отчетных материалов руководителями подразделений.

Анализ деятельности проводится ежеквартально, а отчетные материалы за квартал представляются с нарастающим итогом начальнику Главного управления через оперативные управления (отделы).

Перечень обязательных разделов Анализа результатов деятельности ГИМС:

- осуществление в установленном порядке надзора за использованием маломерными судами и базами (сооружениями) для их стоянки;
- количество происшествий на водных объектах;
- количество погибших на водных объектах;
- количество маломерных судов на учете в ГИМС;
- количество аттестованных судоводителей;
- количество инспекторов ГИМС;
- количество составленных протоколов;
- количество прошедших техническое освидетельствование баз (сооружений) для стоянки маломерных судов;
- проблемные вопросы и предложения по совершенствованию деятельности: количество решенных проблем/нерешенных.

Правила составления разделов Анализа:

- содержание разделов должно отражать показатели эффективности деятельности;
- количественные значения показателей эффективности должны представляться в сравнении с аналогичным периодом прошлого года;
- анализ значений должен содержать выводы о динамике и возможных причинах их изменений;
- в анализе должны содержаться предложения по совершенствованию деятельности, способные привести к улучшению показателей.

В соответствии с приказом МЧС России от 03.03.2005 г. № 125 [2] деятельность проверяемого органа оценивается по двум основным направлениям:

осуществление государственного и технического надзора за маломерными судами и базами (сооружениями) для их стоянок и их использованием на водных объектах;

обеспечение в пределах своей компетенции безопасности людей на водных объектах.

НИИ перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России в результате проведенных исследований была разработана Методика анализа результатов деятельности ГИМС.

По данной методике оценка деятельности подразделений ГИМС МЧС России производится по показателям, характеризующим и оценивающим:

- уровень аварий с маломерными судами и гибель людей при эксплуатации маломерных судов в субъекте Российской Федерации в расчете на 10000 маломерных судов в отчетном году;
- работы по техническому освидетельствованию поднадзорных судов, пляжей и других мест массового отдыха населения на водоемах;
- работы по техническому освидетельствованию переправ и баз (сооружений) для стоянок маломерных судов;
- эффективность контроля на водных объектах;
- состояние профилактико-пропагандистской работы;

- степень выполнения контрольных заданий по количеству аттестованных граждан на право управления маломерными судами;
- неправомерные действия работников подразделения ГИМС МЧС России.

Рассмотрим основные положения Методики анализа результатов деятельности ГИМС МЧС России.

Оценка деятельности подразделений ГИМС МЧС России производится по следующим показателям:

Показатель «а» – характеризует уровень аварий с маломерными судами и гибель людей при эксплуатации маломерных судов в субъекте Российской Федерации в расчете на 10000 маломерных судов в отчетном году и рассчитывается как:

$$a = a_1 + a_2, \quad (1)$$

$$a_1 = \frac{A \cdot 10000}{P} \cdot 2, \quad (2)$$

$$a_2 = \frac{G \cdot 10000}{P} \cdot 5, \quad (3)$$

где A – количество аварийных происшествий с маломерными судами; G – количество людей, погибших при эксплуатации маломерных судов; P – количество состоящих на учете в подразделении ГИМС МЧС России по субъекту Российской Федерации маломерных судов на конец отчетного периода.

Показатель «б» – оценивает работы по техническому освидетельствованию поднадзорных судов и рассчитывается как:

$$б = 30 \cdot \frac{M_i}{M}, \quad (4)$$

где M – количество состоящих на учете судов, подлежащих техническому освидетельствованию, ед.; M_i – количество судов, прошедших техническое освидетельствование в текущем году и допущенных к эксплуатации, ед.; 30 – коэффициент постоянной величины.

Показатель «в» – оценивает работу по техническому освидетельствованию пляжей и других мест массового отдыха населения на водоемах (далее – пляжи), переправ и баз (сооружений) для стоянок маломерных судов и рассчитывается как:

$$в = (20 \cdot \frac{N_i}{N}) + 10 \cdot (\frac{T_i}{T} + \frac{V_i}{V}), \quad (5)$$

где N – количество состоящих на учете пляжей; T – количество состоящих на учете баз; V – количество состоящих на учете наплавных мостов и переправ; N_i – количество допущенных к эксплуатации пляжей; T_i – количество допущенных к эксплуатации баз; V_i – количество допущенных к эксплуатации наплавных мостов и переправ; 20 и 10 – коэффициенты постоянных величин.

Показатель «г» – оценивает эффективность контроля на водных объектах и рассчитывается как:

$$г = \frac{S}{K}, \quad (6)$$

где S – количество составленных протоколов об административных нарушениях; K – штатная численность государственных инспекторов по маломерным судам.

Примечание: за каждый отмененный в установленном порядке протокол об административном правонарушении из показателя «д» вычитается 2 балла.

Показатель «д» – оценивает состояние профилактико-пропагандистской работы и рассчитывается как:

$$д = 0,5 \frac{D_1}{K} + 0,3 \frac{D_2}{K} + 0,1 \frac{D_3}{K}, \quad (7)$$

где D_1 – количество выступлений по радио и телевидению; D_2 – количество публикаций в печатных изданиях; D_3 – количество выступлений (лекций и бесед) перед коллективами людей; K – штатная численность государственных инспекторов по маломерным судам; 0,5; 0,3 и 0,1 – коэффициенты постоянных величин.

Примечание: выступления в СМИ подтверждаются копиями текстов, прозвучавших в эфире или опубликованных в печати.

Показатель «е» – оценивает степень выполнения контрольных заданий по количеству аттестованных граждан на право управления маломерными судами и рассчитывается как:

$$е = 5 \cdot \frac{E_i}{E}, \quad (8)$$

где E – контрольное задание по аттестованию граждан на право управления маломерными судами; E_i – количество аттестованных граждан на право управления маломерными судами.

Показатель «з» – оценивает неправомерные действия работников подразделения ГИМС МЧС России и рассчитывается как:

$$з = (5 \cdot O_i) + (50 \cdot O_r), \quad (9)$$

где O_i – количество подтвержденных обращений граждан на неправомерные и некомпетентные действия государственных инспекторов по маломерным судам; O_r – количество осужденных работников ГИМС.

Полученная общая сумма баллов по показателям «а» и «з» вычитается из общей суммы показателей «б», «в», «г», «д» и «е».

Подразделениям ГИМС МЧС России необходимо набрать как можно большую сумму баллов.

Примечание:

– в зависимости от итоговой суммы баллов каждого подразделения ГИМС МЧС России определяется место в соответствующих региональных центрах;

– подразделениям ГИМС МЧС России, имевшим в отчетном году связанные с производством чрезвычайные происшествия (гибель или увечье работников, пожары, аварии и т.п.) в результате нарушения правил техники безопасности работниками ГИМС МЧС России, а также не набравшим баллов, места не определяются и работа признается «неудовлетворительной»;

– если в течение отчетного года подразделение ГИМС МЧС России подвергалось инспекторской, контрольной или специальной проверке структурными подразделениями центрального аппарата МЧС России в порядке, определенном приказом МЧС России от 25.09.2007 № 500 «Об утверждении Инструкции по проверке и оценке деятельности территориальных органов МЧС России», и получило оценку «неудовлетворительно», то оценка его работы за год не определяется, а признается «неудовлетворительной».

Применение на практике положений рассмотренной методики в дополнение к действующим нормативно-методическим документам по анализу результатов деятельности ГИМС позволит объективно отразить и оценить деятельность подразделений ГИМС МЧС России.

Разработанный проект методики передан в Управление ГИМС для использования в работе инспекции.

Список литературы

1. Положение о проведении конкурса на звание «Лучшая Государственная инспекция по маломерным судам МЧС России (Приложение № 1 к приказу МЧС России от 01.10.2010 г. № 490).
2. Приказ МЧС России от 03.03.2005 г. № 125 «Об утверждении Инструкции по проверке и оценке состояния функциональных и территориальных подсистем единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».
3. Приказ МЧС России от 30.12.2008 г. № 850 «Об утверждении Порядка проведения анализа деятельности в территориальных органах МЧС России и Порядка изучения, обобщения и распространения передового опыта деятельности территориальных органов и организаций МЧС России».
4. Приказ МЧС России от 30.03.2010 г. № 142 «О внесении изменений в приказ МЧС России».
5. Методика подведения итогов работы за год государственных инспекций по маломерным судам МЧС России по субъектам Российской Федерации, утвержденная заместителем Министра МЧС России 08.04.2008 г.
6. Методика «Оценка деятельности главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации, находящихся в пределах Северо-Западного федерального округа за неделю и за месяц» от 14.07.2008 г. № 4953-5-3-11.
7. Приказ Главного управления МЧС России по г. Санкт-Петербургу от 23.06.2010 г. № 308 «О порядке проведения анализа деятельности в Главном управлении МЧС России по г. Санкт-Петербургу».
8. Гитцович А.В., Зычков Э.А., Копейкин Н.Н. Разработка методики анализа результатов деятельности ГИМС // Проблемы безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 19.12.2013 г.: в 2 ч. Ч.1 / ФГБОУ ВПО Воронежский институт ГПС МЧС России. Воронеж. 2013. С. 293–295.

УДК 629.125

ПАРАМЕТРЫ ДРЕЙФА ВОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МАЛОГО ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДЬЯ

Маринов Марин Любенов – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем

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

199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13, marinlomsky@gmail.com

Аннотация. Проведенные эксперименты по исследованию параметров дрейфа водных транспортных средств малого водоизмещения (ВТС МВ) в болгарской зоне ответственности в период с 5 октября по 17 октября 2002 года наводят на некоторые выводы, меняющие логику их поиска и спасения, заложенную в международных правилах и руководствах. Экспериментальное исследование проводилось поэтапно. Этим преследовалась цель исследования дрейфа выбранного объекта во всех районах предполагаемого типичного поведения течений, при разнообразном поведении ветра и волнения моря. Сделанные выводы и разработанные автором программные продукты могут быть применены при организации поиска и спасения ВТС МВ в условиях мелководья Северного морского пути РФ.

Ключевые слова: водные транспортные средства малого водоизмещения, параметры дрейфа, поиск на море.

DRIFT PARAMETERS OF WATER TRANSPORT EQUIPMENT WITH A SMALL DISPLACEMENT IN SHALLOW WATER CONDITIONS

Marin Marinov Lyubenov – PhD, Leading Researcher an employee of the laboratory of Vehicle Safety systems

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian academy of sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, marinlomsky@gmail.com

***Abstract.** Experiments on the exploration drift parameters of water transport equipment with a small displacement (PTS) in the Bulgarian area of responsibility in the period 05.10-17.10. 2002 year suggest some conclusions, changing the logic of their search and rescue, established international rules and guides. An experimental study was carried out in stages. The aim of the study the drift of the selected object in all areas of the typical conduct currents varied behaviour of wind and sea. The conclusions drawn and designed by the author of the software can be applied in the Organization of search-and-rescue PTS in conditions of shallow water MB Northern sea route of the Russian Federation.*

***Keywords:** watercraft, small displacement parameters drift, sea search.*

Проведенные эксперименты по исследованию параметров дрейфа водных транспортных средств малого водоизмещения (ВТС МВ) в болгарской зоне ответственности в период 5 октября по 17 октября 2002 года наводят на некоторые выводы, меняющие логику их поиска и спасения, заложенную в международных правилах и руководствах [2].

Зона исследования параметров дрейфа ВТС МВ во время экспериментов было разделено условно на три зоны со специфическим поведением течений в каждой из них (прибрежная, шельфовая и глубоководная). Экспериментальное исследование проводилось поэтапно. Этим преследовалась цель исследования дрейфа выбранного объекта во всех районах предполагаемого типичного поведения течений, при разнообразном поведении ветра и волнения моря.

Во время проведения эксперимента проводился учет общего водного течения в районе посредством наблюдения за дрейфующим буйем с нулевой плавучестью и минимальной парусностью. На каждом из этапов, после постановки ВТС МВ на дрейф в исходной точке, измерялись с интервалом не более 20 минут точные параметры ветра (направление и скорость) и волнения моря (направление, высота и длина волны). На каждом из замеров определялся курсовой угол корабля относительно направления ветра. Место корабля во время каждого замера определялось с помощью СНС “YPS”.

Обработка данных по вычислению параметров дрейфа проводилась по существующей международной методике и математической модели, разработанной автором [2]. Это позволяет проведение сравнительного анализа их приложимости к поиску бедствующих МВ.

Принятая программа экспериментального исследования охватывает решение следующих задач [2, 3]:

- анализ, в интересах поиска ВТС МВ существующей информации о расположении и поведении поверхностных течений;
- анализ изменения курсового угла ВТС МВ во время дрейфа относительно направления воздействующего ветра;
- исследование закономерностей формирования траектории суммарного дрейфа, рассматриваемого объекта в различных условиях;
- изучение влияния точности определения параметров метеорологических факторов (ветер, течение и волнение) на точность рассчитанных траекторий ВТС МО;
- исследование закономерностей отклонения направления ветрового дрейфа ВТС МВ от направления воздействующего ветра;

- установление влияния волнового течения на точность расчета траектории дрейфа объекта;
- проверка приложимости использованных алгоритмов и методик при расчете дрейфа исследуемого объекта.

Исходя из сравнений полученных расчетных данных о траектории суммарного дрейфа исследуемого объекта с фактическими данными его дрейфа, можно сделать следующие выводы:

- во всех районах проведения эксперимента основным фактором для формирования направления и скорости суммарного дрейфа являлся ветер;
- в районах, расположенных в прибрежной и шельфовой зонах (рис. 1, 2, 4), ветер играл доминирующую роль;
- поверхностные течения в указанных районах не имели постоянного характера, формировались преимущественно под воздействием ветра и не оказывали выраженного влияния на направление дрейфа;
- в дни проведения эксперимента на мелководье наблюдалось вихровое движение водных масс диаметром циркуляции от 1 до 4 миль. Это подтверждает предположения, что на мелководье в расчетах дрейфа ВТС МВ, невозможно опираться на данные о течениях, полученные табличным путем, путем их численного моделирования и на результаты прежних наблюдений [2, 4, 5, 8];
- в глубоководном районе (рис. 3), наблюдалось поверхностное течение, которое отличалось относительным постоянством и играло значительную роль при определении направлений дрейфа объекта.

Сравнение параметров ветра по данным гидрометеорологической службы (службы ГМТО) и наблюдаемых параметров ветра в районе испытаний указывает на то, что во всех ситуациях параметры ветра и волнения моря предоставляемые службой ГМТО, отличаются существенно от наблюдаемых [1]. Ошибки прогнозирования параметров ветра службы ГМТО составляют 5^0 – 76^0 по направлению и 0,1–0,2 узлов в скорости. Это разрешает их использование при проведении операций поиска бедствующих ВТС МВ, о которых имеется своевременная информация. В условиях, продолжительного дрейфа объекта, они могут привести к значительным ошибкам в расчетах траекторий его движения.

Анализ расчетов ветрового течения показывает, что их точность по двум методикам вычисления сравнима. Разница в направлениях ветрового течения, вычисленных по одной и другой методике, варьирует в диапазоне 10^0 – 15^0 , а в скоростях 0,05–0,09 узлов. Влияние, которое это расхождение оказывает на расчеты суммарного дрейфа объекта за период 6–8 часов, приведет к разнице в их данных порядка 10^0 – 15^0 в направлении и 0,1–0,2 узлов в скорости. При продолжительном дрейфе ВТС МВ эта разница увеличится, что делает предлагаемую автором математическую модель более адаптированной к этой ситуации [2, 6, 7].

На определенные выводы наводят также наблюдаемые в районе эксперимента параметры волнения [1, 9] и сделанные расчеты волнового течения:

- данные о волнении моря давались службы ГМТО в таком обобщенном виде, что их использование для точных расчетов невозможно;
- во всех четырех районах проведения эксперимента наблюдалось выраженное остаточное волнение („зыбь”), высотой порядка 0,2–0,4 метров;
- на волнение „зыбь”, при скорости ветра более 3м/с, накладывалась ветровая волна, которая при длительном воздействии ветра подавляла его;
- разница в направлениях волнения по данным ГМТО службы и фактически наблюдаемого в районе волнения, находится в диапазоне 30^0 – 120^0 , а в скоростях волнового течения 0,1–0,2 узлов;
- испытания показали, что в ряде случаев волнение “зыбь” оказывается доминирующим, а в утвержденной IAMSAR методике [10], направление волнового течения берется одинаковым с направлением ветрового волнения. Ситуация усложняется еще и тем, что в настоящее время методика прогнозирования параметров волнения “зыбь” не существует, а

процессы его формирования недостаточно исследованы, как теоретически, так и экспериментально;

- скорость волнового течения, вычисленного во всех районах по данным наблюдения, находится в диапазоне 0,10–0,24 узлов, что при продолжительном дрейфе предполагает значительное уменьшение точности расчетов по определению траектории.

В проведенном эксперименте, направление ветрового дрейфа определялось как разница векторов наблюдаемого суммарного дрейфа и наблюдаемого общего водного течения.

В международной практике по поиску и спасению [2, 10] принято направление ветрового дрейфа брать совпадающим с направлением воздействующего ветра, но на практике ни в одном из проведенных замеров его направление не совпало с направлением ветра в момент наблюдения. Напротив, проведенные испытания подтверждают высказанные предположения [2], что направление ветрового дрейфа может значительно отличаться от направления ветра в районе. Разница в направлениях варьирует в интервале 10^0 – 78^0 в одну или другую сторону.

Из проведенного анализа можно сделать выводы, что основным фактором отклонения направления ветрового дрейфа от направления ветра является перпендикулярная диаметральной плоскости составляющая силы ветра (P_y), действующей на корпус (рис. 5). В то же время постоянное изменение направления ветра и неравномерная обтекаемость корпуса при движении в воде, ведут к постоянному изменению курсового угла объекта и вместе с этим к непрерывному изменению направления указанной составляющей. Этот процес ведет к формированию сложной, неравномерной, зигзагообразной траектории движения ВТС МВ, которая только в редких случаях (при движении в максимально упрощенных условиях) будет приближаться к направлению воздействующего ветра. Те же выводы подтверждаются результатами проведенного эксперимента, где за все дни исследования ни в одном из замеров направление наблюдаемого ветрового дрейфа не совпадало с направлением наблюдаемого ветра.

Выводы из анализа полученных по различным методикам и данным траекторий дрейфа исследуемого объекта указывают на то, что:

- в каждой из рассматриваемых ситуаций (рис. 1, 2, 3, 4) траектории дрейфа, вычисленные по данным метеослужбы, значительно отличаются от вычисленных по данным прямого наблюдения. В трех случаях эти траектории имеют отклонения порядка 20^0 – 50^0 и более, что заблаговременно обрекает операцию поиска на неуспех;

- на трех из четырех этапов эксперимента (рис. 2, 3, 4) отмечены резкие отклонения направлений дрейфа наблюдаемого объекта под воздействием ветра, которые были предвидены в теоретическом исследовании и компьютерном моделировании ситуаций. Неточное прогнозирование этих изменений (по данным службы ГМТО), тоже может привести к срыву операции еще в самом начале планирования;

- вычисленные места дрейфующего ВТС МВ по разработанной математической модели, являются более точными по сравнению с местами вычисленными по международному руководству [2, 10], порядка 1,0–1,6 миль за период 6–8 часов. Это достигается за счет адаптивирования математического аппарата предложенной методики к указанным особенностям дрейфа объектов небольшого размера. Не смотря на это, при более длительном дрейфе погрешности могут в значительной степени уклонить силы поиска от действительного местонахождения объекта;

- погрешность мест бедствующих ВТС МВ рассчитанная по данным метеослужбы, достигает 5–8 миль за период 6–8 часов, что может полностью обесценить выполненные расчеты по определению района вероятного местонахождения объекта.

В обобщенном виде выводы указывают на то, что точность данных о ветре и волнении, по данным службы ГМТО, достаточна для поиска ВТС МВ, о которых сообщено с опозданием не более 1–2 часов. Эти данные непригодны для планирования поиска продолжительно дрейфующих объектов. Для обеспечения поиска ВТС МВ в подобных ситуациях необходимо использовать данные автоматизированной климатической спутниковой системы или непосредственно измеренные в районе вероятного местонахождения до начала поиска.

The figure is a geological map of the Jamsar area. At the top, there is a scale bar labeled "km" with markings for 0, 1, 2, 3, and 4. Below the scale bar, the map shows various geographical features and structural elements. Key labels include:

- JAMSAR (N.M.T.)**: A fault line running horizontally across the upper part of the map.
- MAYTUM MOUNT (N.M.T.)**: A fault line running diagonally from the center towards the bottom right.
- MAYTUM MOUNT (O.C.)**: Another fault line running diagonally from the center towards the bottom right, parallel to the N.M.T. fault.
- Boreholes**: Several points are marked with circles and labeled with numbers and depths, such as 1737, 135(4m), 1009, 145(1511), and 145(1511).
- Structural Features**: Various lines and symbols represent different geological structures, including dashed lines for faults and solid lines for boundaries or other features.
- Orientation**: The map is oriented with North at the top, indicated by a small arrow pointing upwards.

189

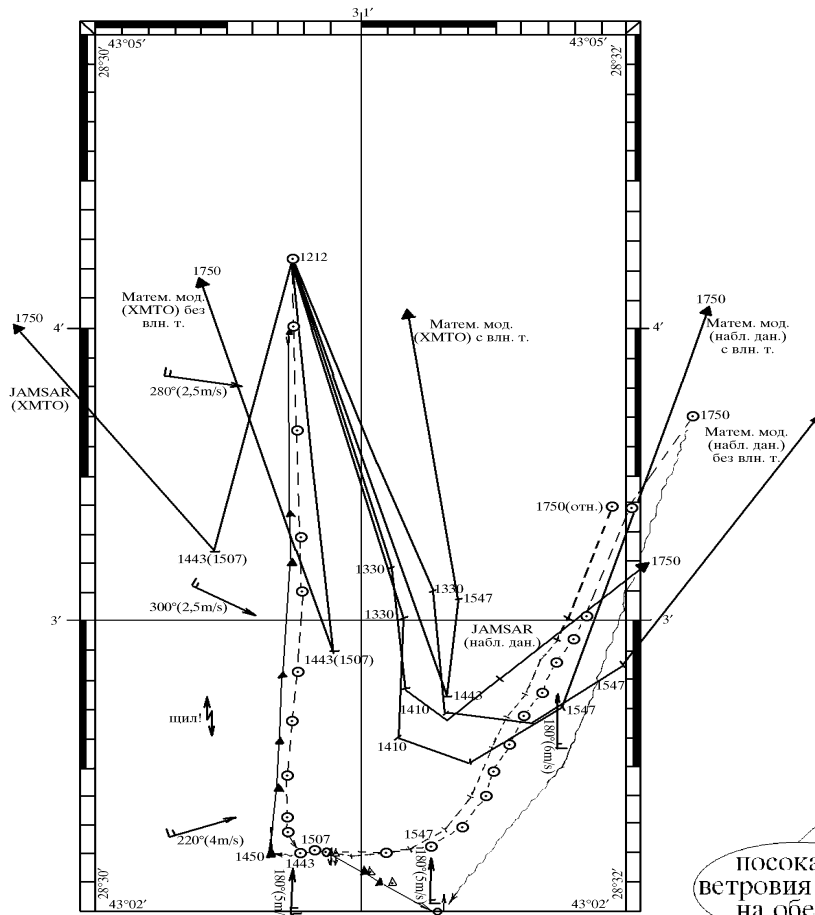


Рисунок – 4

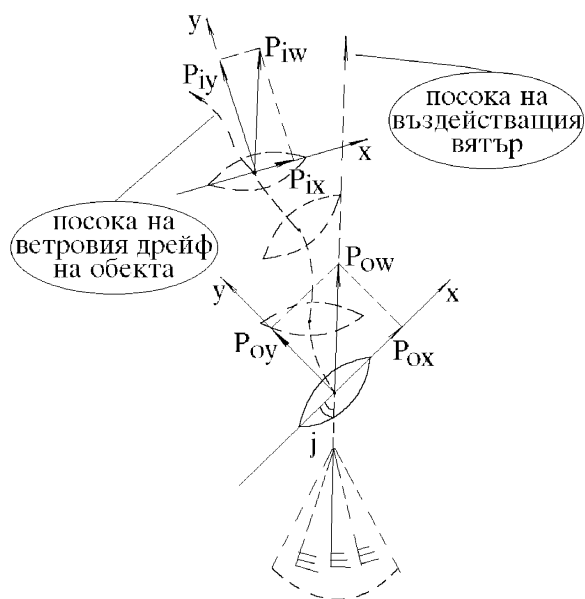


Рисунок – 5

Список литературы

1. Гроздев Д. С. Некоторые характеристики ветрового волнения в Болгарской зоне ответственности // диссертация, г. Варна, 2001. С. 67–84.
2. Маринов М. Л. Метод и алгоритми при планиране на търсенето на бедстващи малки обекти на море (в условията на Българския отговорен район) // диссертация, г. Варна, 2005. С. 112–144.
3. Маринов М. Л. Особенности в оценката на ситуацията при планиране на търсенето на бедстващи, малки обекти без средства за свръзка в Българския отговорен район. // сборник научных трудов Технического университета. г. Варны, Варна. 2001. С. 786–792.
4. Маринов, М. Л. Проблемные вопросы и алгоритмы методики планирования поиска водных транспортных средств малого водоизмещения // Проблемы безопасности и чрезвычайные ситуации. М.: ВИНТИ. 2010. № 4. С. 98–111.
5. Маринов М. Л. Статистика действительных случаев поиска и спасения на море в Болгарском районе ответственности // сборник МСКЦ. г. Варна. 2001. С. 28–63.
6. Трухчев Д., Станев Е., Русенов В. Циркуляция вод и численное моделирование течений Черного моря // София: изд. СУ. 1988. С. 15–19.

7. Физикогеографическая характеристика болгарской акватории Черного моря // Гидрографическая служб. Варна. 1999.
8. Belberov Z., Cherneva Zh., Kostichkova D., Davidan I., Lavrenov Y., Lopatochkin L., Verification of the hibrid wave model far the Western Black Sea // j. Black Sea. 1997. N 2 P. 11-17.
9. Kostichkova D., Cherneva Zh., Velcheva A., Wind wave climate of the Western Black Sea Coast // j. Black Sea 1997. P. 17-22.
10. International aeronautical and maritime search and rescue manual (IAMSAR) // YMQ/YCAO, 1998. Vol. I. P. 53–59.
11. International aeronautical and maritime search and rescue manual (IAMSAR) // YMQ/YCAO, 1998. Vol. II. P. 89–92.
12. International aeronautical and maritime search and rescue manual (IAMSAR) // YMQ/YCAO, 1998. vol. III. P. 28–43.

УДК 656.6

БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОХОДСТВА МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ В РАЙОНЕ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ ПОРТОВ

Чугунов Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, mip.altair@yandex.ru

Аннотация. На развитие маломерного флота существенно влияют географические условия региона и нормативное правовое регулирование. Для успешного развития водного туризма и маломерного флота нужно сочетание следующих факторов:

- привлекательность региона;
- наличие инфраструктуры для обеспечения комфортного и безопасного плавания;
- отсутствие юридических и иных бюрократических препятствий.

Последняя группа факторов имеет решающую роль.

Наличие некорректных требований и запретов является фактором уничтожающим не только водный туризм с использованием маломерного флота, но и сам маломерный флот, и индустрию его производства и обслуживания.

Маломерный флот физически не может представлять угрозы для речных и морских судов. Аварийность составляет 0,0031 % от числа МС и ничтожную величину от числа выполненных рейсов, перевезенных грузов и пассажиров. Число жертв при авариях МС составляет доли % от общего числа жертв на воде. Лишь около 20 % аварий происходят на судоходных путях.

Даны предложения по устранению правовых препятствий развитию маломерного флота.

Ключевые слова: маломерное судно, акватория морского, речного порта, безопасность судоходства, навигационное обеспечение.

SAFE NAVIGATION OF SMALL VESSELS IN THE SEA AND RIVER PORTS

Chugunov Valery Iv. – PhD, Assistant Professor, Leading Researcher of the Department of Information Support of the Population and Technologies for Information Support of the Emergency Response System and Fire Safety of the Center for the Organization of Research and Editorial Activity

***Abstract.** On the development of a small fleet significantly influence the geographic conditions of the region and the normative legal regulation. For the successful development of water tourism and small fleet need a combination of the following factors:*

- the attractiveness of the region;*
- availability of infrastructure to ensure a comfortable and safe navigation;*
- lack of legal and other bureaucratic obstacles.*

The last group of factors is decisive.

The presence of incorrect requirements and prohibitions is a factor in destroying not only hiking water using a small fleet, but the undersized fleet, and its production and service industries.

Undersized fleet physically cannot represent a threat for River and sea vessels. The accident rate is 0.0031 % of MS and minuscule from the number of flights, transported cargo and passengers. The number of victims of accidents, the IPU is the percentage % of the total number of victims in the water. Only about 20 % of accidents occur on waterways.

Suggestions to remove legal barriers to the development of a small fleet.

***Keywords:** small size craft, marine waters, a river port, safety of navigation, the navigation provision.*

На развитие маломерного флота существенно влияют географические условия региона и нормативное правовое регулирование (НПА) каждого Государства. В тех Государствах, в которых НПА направлены на удовлетворение потребностей населения в яхтинге, водном туризме, использовании маломерного флота, как в коммерческих, так и личных целях количество яхт и других маломерных судов на душу населения довольно высокое. Первенство в Европе удерживают Италия, Финляндия, Греция. Развитие маломерного флота влечет за собой развитие производства, создание рабочих мест и повышение благосостояния населения. Несмотря на кризисные явления последних лет, в большинстве стран продолжается рост продаж яхт и маломерных судов. В России, наоборот, рост продаж, а, следовательно, и производства, упал на 40-60 %. Причины в этом не только экономические.

В целях развития международного товарооборота, водного туризма каждое государство заинтересовано в открытии своих внутренних водных путей и для судов под иностранным флагом. Для успешного развития водного туризма и маломерного флота нужно сочетание следующих факторов:

- привлекательность региона (наличие красивых природных объектов, исторических памятников и т.п.);
- наличие инфраструктуры для обеспечения комфортного и безопасного плавания (надежные и безопасные маломерные суда (МС), навигационное оборудование водных объектов, связь и метеобеспечение, места заправок и пополнение продовольствием, места отдыха и санитария);
- отсутствие юридических и иных бюрократических препятствий.

Последняя группа факторов имеет решающую роль.

Наличие некорректных требований и запретов является фактором уничтожающим не только водный туризм с использованием маломерного флота, но и сам маломерный флот, и индустрию его производства и обслуживания.

Международный опыт показывает высокую степень развития водного туризма, в том числе с использованием маломерных судов. Правовое регулирование использования маломерных судов в иностранных государствах является эффективным и учитывает современные тенденции использования таких судов и обеспечения их безопасности.

На все маломерные суда (независимо от наличия регистрации) распространяются правила судоходства и оснащения, установленные Международными правилами предупреждения столкновения судов [1], Европейскими правилами судоходства по внутренним водным путям [2].

Никто за рубежом не регистрирует и не учитывает так называемый «москитный флот» с длиной корпуса 6 метров и менее, вместимостью 6 человек и менее и мощностью двигателя 15 кВт и менее. Такой флот физически не может представлять угрозы для речных и морских судов. Поддержание его в должном техническом состоянии и соблюдение правил судоходства возлагается на судовладельцев и судоводителей. В большинстве стран обязательной регистрации подлежат суда длиной от 12 метров. В России разрабатывается законопроект [3], по которому предлагается регистрировать суда с длиной уже 2,5 метров, не взирая на существенные различия в конструкции таких судов, районах плавания, норм эксплуатации и прочего. Данный законопроект уже приводит к снижению продаж маломерных судов. Он же не позволит плавание зарубежных МС в водах Российской Федерации.

Аварийность маломерного флота стремится к нулю [4, 5]. С 2008 по 2012 годы произошло 230 аварийных происшествий с маломерными судами. Это за 5 лет на всю Россию, в которой эксплуатируется не менее 1,5 миллиона маломерных судов. Аварийность составляет 0,0031 % от числа МС и ничтожную величину от числа выполненных рейсов, перевезенных грузов и пассажиров. Число жертв при авариях МС составляет доли % от общего числа жертв на воде. Лишь около 20 % аварий происходят на судоходных путях.

Таким образом, под лозунгом заботы о безопасности жизни людей на воде вводятся запреты и ограничения, которые не способствуют повышению безопасности судоходства, а напротив, душат маломерный флот и создают почву для развития правонарушений и злоупотреблений.

Заслуживают внимания запреты, ограничения и требования к судоходству МС в акваториях речных и морских портов [6, 7]

Акватории морских портов устанавливаются без учета интересов маломерного флота, зачастую захватывают акватории с глубинами, пригодными для плавания только МС. Подавляющее количество МС следуют через акватории морских портов транзитом и не заходят во внутренние акватории портов для выполнения погрузочно-разгрузочных операций. Следовательно, не «путаются под ногами» торговых судов. В частности, акватория Большого порта Санкт-Петербурга полностью перекрывает маломеркам выход с Невы в Невскую губу и далее в Финский залив (рис. 1).

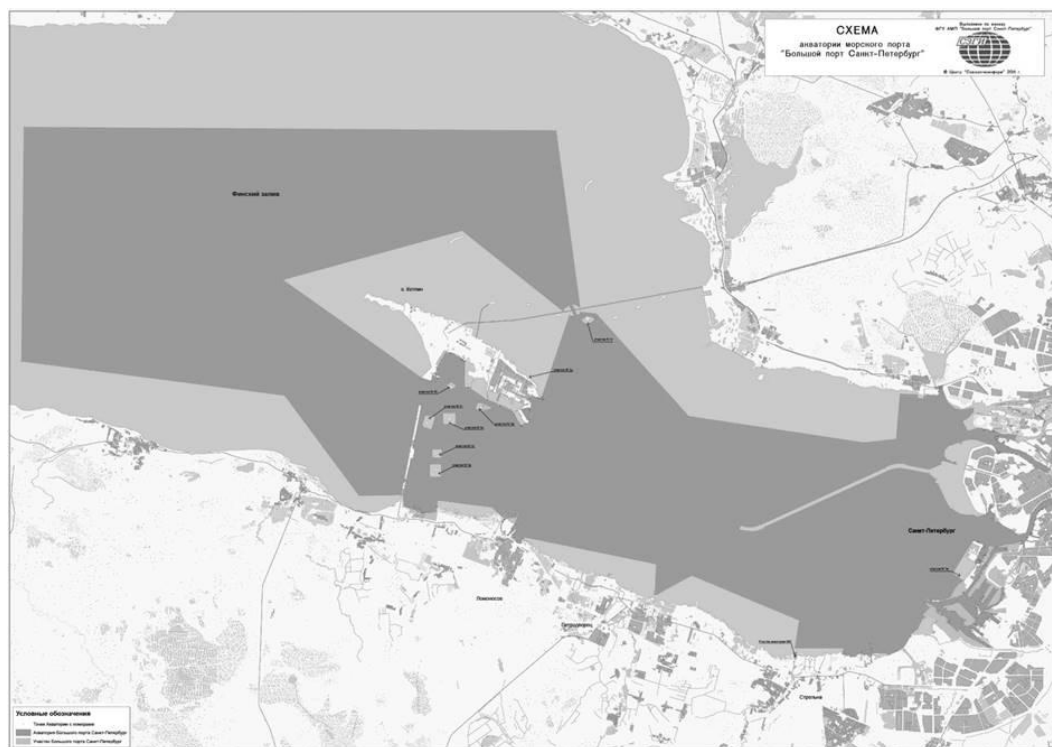


Рисунок 1 – Акватория Большого порта Санкт-Петербурга

Аналогично, акватория порта Архангельск перекрывает всю дельту Северной Двины, порта Ростов-на-Дону – все судоходные рукава низовья Дона, и т.д. Это означает запрет эксплуатации МС вблизи портовых городов вообще. Многие требования «Обязательных постановлений» технически не выполнимы, да и нецелесообразны. Но, с одной стороны, провоцируют судоводителей «прорываться» через акваторию морского порта без всяких уведомлений и разрешений, с другой стороны, дает возможность гоняться за ними и штрафовать (порождают коррупцию), хотя при этом маломерки не создают никакой угрозы для безопасности судоходства крупных судов и даже ничем им не мешают. Нарушителями автоматически становятся не только все судоводители, но и капитаны всех портов, так как они физически не могут выполнять все требования в отношении МС (многие МС не подлежат регистрации и не оборудованы необходимыми средствами связи и не обязаны иметь документы, предусмотренные в правилах [6, 7]).

Для обеспечения безопасности судоходства необходимо только, чтобы судоводители маломерных, прогулочных и спортивных судов неукоснительно соблюдали требования МППСС-72 и Правила плавания по внутренним водным путям.

К примеру: даже через акваторию базы ВМФ Финляндии в Турку проложен коридор для прохода гражданских маломерных судов (я сам неоднократно проходил этим коридором на маломерном весельно-парусном судне).

Практические предложения.

Министерству транспорта РФ, капитану Большого порта Санкт-Петербург рассмотреть вопрос о внесении:

- в пункт 7 Общих правил плавания и стоянки судов в морских портах Российской Федерации и на подходах к ним [6] добавить абзац: «на акватории морских портов выделяются коридоры (районы) для движения маломерных прогулочных, туристических и парусных судов вдоль береговой линии, пересечения акватории порта по кратчайшему расстоянию и выхода к руслам рек и внутренним водным путям»; пункт 47 дополнить третьим абзацем: «маломерные прогулочные, туристические и спортивные парусные суда следуют по выделенным коридорам (районам) через акватории морских портов без предварительного информирования капитана порта и связи со службой управления движением судов, но при необходимости захода маломерного судна в морской порт для выполнения погрузочно-разгрузочных операций, прохождения пограничного и таможенного контроля, а также необходимости прохода по фарватерам, маломерное судно обязано выполнять требования, изложенные в первом и втором абзацах настоящего пункта».

- в «Обязательные постановления в морском порту «Большой порт Санкт-Петербург»» [7] внести следующие дополнения: пункт 10 дополнить третьим абзацем: «Сведения о коридорах для движения маломерных прогулочных, туристических и парусных судов через акваторию порта приведены в приложении 1» (предлагается выделить коридоры вдоль южного и северного берегов Невской губы, а также два коридора, один восточней, другой западней о. Котлин, соединяющие южный и северный коридоры; коридоры должны позволять маломерным судам проходить с Невской губы в р. Неву); последний абзац пункта 19 изложить в следующей редакции: «маломерные прогулочные, туристические и спортивные парусные суда следуют по выделенным коридорам (районам) через акватории порта без предварительного информирования капитана порта и связи со службой управления движением судов, но при необходимости захода маломерного судна в морской порт для выполнения погрузочно-разгрузочных операций, прохождения пограничного и таможенного контроля, а также необходимости прохода по фарватерам, маломерное судно обязано выполнять требования, изложенные в вышестоящих абзацах настоящего пункта»

Выполнение данного предложения позволит:

- освободить капитана морского порта от вала бумажной волокиты, связанной с выдачей разрешений маломерным судам на прохождение через акваторию морского порта;
- исключить конфликтные ситуации между судоводителями маломерных судов и инспекциями, а также снизит вероятность коррупционных проявлений;

– убрать искусственные преграды для развития маломерного флота, водного туризма и спорта.

Основные целевые группы, заинтересованные в реализации предложения.

Судовладельцы и судоводители маломерных прогулочных, туристических и спортивных парусных судов; жители местных населенных пунктов, осуществляющие прибрежное рыболовство и активный отдых на воде.

Список литературы

1. Международные правила предупреждения столкновений судов в море (МППСС-72).
2. Европейские правила судоходства по внутренним водным путям (ЕПСВВП) Неформальный документ SC.3 № 6 (2009).
3. Проект ФЗ «О безопасности судоходства маломерных судов и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
4. Не принимать проект федерального закона «О безопасности судоходства маломерных судов и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». <https://www.roi.ru/37270/>
5. Алексеев В.В. Государственное регулирование в отношении маломерных судов. технический регламент и проект закона о безопасности. Материалы IX Международного форума «Водный туризм» 7-8 сентября 2017 года, Санкт-Петербург.
6. Общие правила плавания и стоянки судов в морских портах Российской Федерации и на подходах к ним, утвержденные приказом Минтранса России от 20 августа 2009 г. № 140.
7. Обязательные постановления в морском порту «Большой порт Санкт-Петербург», утвержденные приказом Минтранса России от 19 декабря 2016 г. № 388.

УДК 614.8.084: 656.9

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ РАЗГОННОГО БЛОКА С КОНТЕЙНЕРОМ ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

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 проспект, д. 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., дом 13, t__54@mail.ru

Лосев Михаил Александрович – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, losev181983@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается возможность экстренной доставки различных грузов при помощи реактивных блоков в Арктическую зону при возникновении ЧС. Актуальность применения реактивных блоков для переноса различных грузов в Арктическую зону, и определяются места возможного базирования стартовых площадок.

Ключевые слова: Арктическая зона, экстренная доставка, аварийные ситуации, транспортная система, Северный морской путь.

PROBLEMS OF SAFETY OF THE TRANSPORT SYSTEM IN THE ARCTIC ZONE AND THE WAYS OF THEIR SOLUTION THROUGH THE SUPPLY UNIT WITH A CONTAINER FOR EMERGENCY CARGO DELIVERY

Tarantsev Alexander A. – Ph.D., professor, professor of department of fire fighting organization and conduct of rescue operations; Head of Laboratory

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation

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

Losev Mikhail A. – Postgraduate faculty training of highly qualified personnel

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, losev181983@mail.ru

Abstract. *The paper discusses the possibility of emergency delivery of various cargoes with the help of jet blocks in the Arctic zone in case of an emergency. The relevance of the use of jet blocks for the transfer of various goods in the Arctic zone, and determined the location of the launch sites.*

Keywords: *Arctic zone, emergency delivery, emergency situations, transportation system, The Northern Sea Route.*

Арктической зоне Российской Федерации присущи особенности, которые отличают ее от арктических зон зарубежных стран и от других территорий России. Особенностью Арктической зоны России являются, в первую очередь, наличие Северного морского пути, связывающего западную точку – Мурманск с крайней восточной – Анадырем, и ведущего в тихоокеанский регион.

Транспортная система с участием СМП обеспечивает согласованное развитие и функционирование всех видов транспорта с целью максимального удовлетворения транспортных потребностей при минимальных затратах. Северный морской путь (рис.1) считается главной арктической судоходной магистралью в России. Это наиболее короткий путь между Дальним Востоком и Европейской частью страны. Законодательством РФ определен как «исторически сложившаяся национальная единая транспортная коммуникация России в Арктике». Альтернатива Северному морскому пути – транспортные артерии, проходящие через Суэцкий или Панамский каналы. Если расстояние, проходимое судами из порта Мурманска в порт Иокогамы (Япония) через Суэцкий канал составляет 12 840 морских миль, то Северным морским путем – только 5770 морских миль. Но навигация здесь длится от 2 до 4 месяцев, на отдельных маршрутах, где используются ледоколы, она может быть дольше.

На всей территории Арктической зоны размещены объекты, которые могут стать источниками ЧС техногенного характера. Это нефтепроводы, газопроводы, предприятия по добыче, переработке и хранению газа, нефти и нефтепродуктов, атомные электростанции, пункты базирования и обеспечения атомных ледоколов и атомных кораблей ВМФ России, химически опасные объекты, взрывопожароопасные объекты, важные элементы транспортных коммуникаций – Северный морской путь, а так же трансполярные и кроссполярные воздушные трассы. Транспортная система предназначена для удовлетворения транспортных потребностей человека и включает в себя средства транспортировки, объекты транспортировки, а также окружающую среду. К значительному ущербу могут приводить ЧС, вызываемые метеорологическими природными явлениями. В таких условиях особую важность приобретают вопросы безопасности транспортной системы и обеспечения необходимого уровня авиационно-спасательной готовности[1–4].

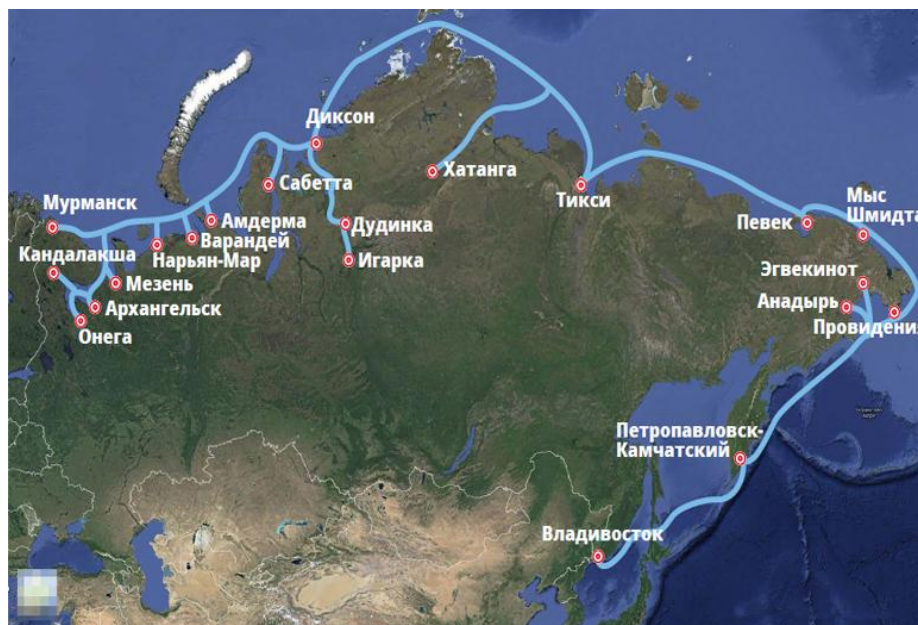


Рисунок 1 – Сверный морской путь России

Известно, что вопросам гиперзвуковых баллистических систем значительное внимание уделялось и уделяется за рубежом [5–6]. В работах [7–9] была рассмотрена возможность применения снимаемых с вооружения ступеней различных баллистических ракет в мирных целях, а именно, для доставки грузовых контейнеров [11] на объекты на территории Арктической зоны. Разработана компьютерная модель для баллистического расчета параметров гиперзвуковой транспортной системы, позволяющая рассчитать закон управления разгонным блоком для доставки требуемого тоннажа груза на требуемое расстояние. Приведены расчетные примеры [8]. Приведены оценки тепловых и силовых нагрузок, возникающих при баллистической доставке грузового контейнера ракетным разгонным блоком на аварийные объекты в Арктической зоне [9]. Оценивание нагрузок проведено с использованием компьютерной системы моделирования движения грузового контейнера на активном и пассивном участках траектории с учетом параметров атмосферы.

Предлагается, стартовые станции для разгонных блоков с контейнерами [10] исполнить в виде легких закрытых сооружений с отражателем выхлопных газов. Перед применением в контейнер загружаются необходимые грузы и производится пуск к пункту назначения. При этом конструкция стартовой станции может разрушаться, а с пункта назначения может подаваться сигнал.

Возможными местами базирования станций для разгонных блоков с контейнерами [10] могут быть порты Северного морского пути. Но необходимо их расположить с таким расчетом, чтобы радиус действия устройств [10] мог обеспечить прикрытие Северного морского пути, а так же всей транспортной системы и объектов Арктической зоны.

На рисунке 2 на глобусе условно показан СМП и радиусы 500, 1000 и 1500 км. досягаемости для ракетных баллистических транспортных систем, базирующихся в населенных пунктах РФ на Крайнем Севере.

Таблица 1 – Расстояния населенных пунктов РФ, расположенных на Крайнем Севере, до крайней точки Арктической Зоны РФ – Северного полюса.

№ п/п	Населенный пункт	Расстояние, км	№ п/п	Населенный пункт	Расстояние, км
1.	Диксон	1830	6.	Певек	2257
2.	Хатанга	2000	7.	Мурманск	2339
3.	Тикси	2040	8.	Нарьян-Мар	2487
4.	Сабетта	2088	9.	Воркута	2502
5.	Амдерма	2251	10.	Анадырь	2810



Рисунок 2 – Примерное базирование РБ с контейнерами в Арктической зоне
(■ – места базирования, — СМП, — кривая радиусов 1500км.,
— кривая радиусов 1000км., — кривая радиусов 500км.)

Существует множество различных способов улучшения экологических характеристик ракетного разгонного блока, однако все они требуют проведения дальнейших исследований. Так как почти все из предложенных способов требуют конструктивной доработки, необходимо провести их сравнительный экономический анализ, с целью выявления наиболее экономически выгодного.

Список литературы

1. Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. – Утверждены Президентом РФ 18.09.2008, № Пр-1069.
2. Указ Президента РФ «О государственной комиссии по вопросам развития Арктики» от 03.02.2015 № 50.
3. Указ Президента РФ «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» от 02.05.2014. № 296.
4. Концепция развития сил и средств МЧС России по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации до 2020 года (проект), Москва. 2015.
5. Michael J.Kelly, A.C.Charania, John R.Olds. Simulating Global Hypersonic Point-To-Point Transportation Networks. American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-2009-6403.
6. John W.Hicks. Flight Testing of Airbreathing Hypersonic Vehicles. NASA Technical Memorandum 4524. NASA, 1993.
7. Лосев М.А, Шевченко А.В., Полежаева Е.А. Особенности моделирования движения разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов в труднодоступные места // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3 (43). С. 107–115.
8. Комашинский В.И., Таранцев А.А., Лосев М.А. Моделирование системы экстренной доставки грузов для объектов Северного морского пути // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 1. № 1 (39). С. 215–223.
9. Таранцев А.А, Лосев М.А., Потапенко В.В Об оценке тепловых и силовых нагрузок при баллистической транспортировке грузового контейнера // Проблемы управления рисками в техносфере. № 2 (46). 2018. С. 37–41.
10. Устройство для локализации последствий аварии. Патент РФ № 2007204, МКИ⁵ A62C31/00, F42B15/00. 1990 г.

ЭВАКУАЦИЯ, ПЕРЕВОЗКА И ХРАНЕНИЕ МУЗЕЙНЫХ ПРЕДМЕТОВ И КОЛЛЕКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ведерников Юрий Вадимович – доктор техн. наук, доцент, заведующий кафедрой
Интермодальных перевозок и логистики

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, дом 38, vedernikov.yura@yandex.ru

Богданов Алексей Валентинович – кандидат техн. наук, доцент, заместитель
генерального директора Государственного Эрмитажа по эксплуатации

The State Hermitage Museum

190000, Россия, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., дом 34, bogdanov@hermitage.ru

Боснак Дарья Максимовна – лаборант кафедры Интермодальных
перевозок и логистики, студент бакалавриата по направлению Транспортная
логистика

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, дом 38, bosdar@mail.ru

Аннотация. Статья содержит пошаговый алгоритм эвакуации, перевозки и хранения
культурного наследия в экстремальных условиях и призвана помочь тем сообществам и ор-
ганизациям, которые пытаются предотвратить разрушение и разграбление предметов
культуры в чрезвычайных ситуациях. Данный алгоритм может использоваться как для обу-
чения, так и для повышения уровня готовности к экстренным происшествиям на объектах
культуры.

Ключевые слова: эвакуация, музейные ценности, эвакуация музейных ценностей, пе-
ревозка музейных ценностей, хранение музейных ценностей, музейные объекты, музейные
перевозки, сохранение культурного наследия.

EVACUATION, TRANSPORTATION AND STORAGE OF MUSEUM OBJECTS AND COLLECTIONS IN EMERGENCY SITUATIONS

Vedernikov Yuriy V. – Doctor of Technical Science, docent, head of Intermodal carrier and
logistic chair

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation

Pilotov street, 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, vedernikov.yura@yandex.ru

Bogdanov Aleksey V. – Doctor of Technical Science, docent, Deputy director general of the
State Hermitage

The State Hermitage Museum

Pilotov street, 38, St. Petersburg, 190000, Russian Federation, bogdanov@hermitage.ru

Bosnak Daria M. – laboratory assistant of Intermodal carrier and logistic chair, bachelor-
student of Transport logistics

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation

Pilotov street, 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, bosdar@mail.ru

Abstract. The article contains a step-by-step algorithm for the evacuation, transportation
and storage of cultural heritage in extreme conditions and is designed to help those communities
and organizations that are trying to prevent the destruction and plundering of cultural objects in
emergency situations. This algorithm can be used both for training and for increasing the level of
preparedness for emergency incidents at cultural facilities.

Keywords: evacuation, heritage collections, evacuation of heritage collections, transporta-
tion of heritage collections, storage of heritage collections, museum objects, museum transporta-
tion, preservation of cultural heritage.

В 1945 году, после разрушений, которые принесла Вторая мировая война, была создана Организация объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) из убеждения, что устойчивый общественный порядок может быть построен только в сознании людей на основе достоинства, равенства и взаимного уважения. Именно музеи являются идеальным проводником этих ценностей. Теперь это не просто хранилища артефактов – они играют жизненно важную роль в образовании, социальной сплоченности и устойчивом развитии, стимулируют интеллектуальный обмен и творчество, являясь символами индивидуальности.

В последние десятилетия музеи и другие учреждения культуры все чаще становятся объектами атак экстремистов. Человечество должно поддерживать и защищать музеи, когда они подвергаются нападкам за их роль в деле сохранения исторических ценностей и развития межкультурного диалога и взаимопонимания. Также музеи и их сотрудники сталкиваются с трудностями в связи со стихийными бедствиями и изменениями климата, их последствиями.

В работе описана пошаговая инструкция по эвакуации культурного наследия в экстремальных условиях. Она призвана помочь тем сообществам и организациям, которые пытаются предотвратить разрушение и разграбление объектов культуры в условиях чрезвычайных ситуаций. Также данная работа может использоваться для обучения и для повышения уровня готовности к экстренным ситуациям на культурных объектах.

Решение об эвакуации находящихся под угрозой культурных ценностей, хранящихся в музеях или на территории археологических памятников, является очень важным и ответственным. Недостаточно продуманные, поспешные действия могут подвергнуть предметы культуры новым, непредвиденным угрозам. Поэтому такое решение может быть принято только при следующих условиях:

- существует реальная угроза учреждению;
- предпринимаемые меры не смогут предотвратить ущерб коллекции;
- имеется более безопасное место для хранения коллекции;
- было получено официальное разрешение на эвакуацию и перевозку объектов;
- имеются достаточные человеческие ресурсы и возможности для перевозки;
- нет угрозы безопасности людям, участвующим в операции.

Таким образом, для организации эвакуации музейных коллекций создана следующая последовательность операций:

1. Оценка;
2. Подготовка;
3. Документация, упаковка и перемещение;
4. Перевозка и хранение.

На этапе оценки оценивается вероятность определенной угрозы. Как только это будет подтверждено, угрозу нужно заблокировать или помешать ее развитию. Так же на этом этапе необходимо подготовить список предметов, которые должны быть эвакуированы в первую очередь (здесь помогут хранители коллекции, а в случае отсутствия данных о значимости предмета приоритеты расставляются в зависимости от материала, либо размера и веса).

На этапе подготовки определяется безопасное место, в которое могут быть вывезены экспонаты, и безопасный маршрут эвакуации. После необходимо запросить официальное разрешение соответствующих властей на эвакуацию и временное перемещение предметов культуры.

Должна быть сформирована команда для проведения эвакуации с лидером, который будет координировать процесс, и ответственными лицами по различным работам: по документированию, по обработке и упаковке, по перевозке, по организации временного хранения.

Перед тем как переместить предмет ему нужно назначить уникальный идентификационный номер, чтобы его передвижение можно было отслеживать в ходе операции, и прикре-

пить его на экспонат (например, с помощью бирки). Также необходимо подготовить описание, в которую будут заноситься данные (тип, материал, габариты, вес, фотография, новое расположение предмета). При подготовке данного перечня целесообразно использовать существующую документацию по коллекции – инвентарные книги, карточки или существующую базу данных.

Необходимо собрать все необходимое для документирования, упаковки, перевозки, хранения и работы с предметами и подготовить место для проведения подготовительных работ по эвакуации (рабочее место). Также нужно убедиться, что выбран наиболее надежный способ перевозки предметов.

На этапе документации, упаковки и перемещения после завершения всех приготовлений команда должна собрать все необходимое и приступить к операции. Начать заполнение эвакуационной описи, подготовленной на предыдущем этапе, подготовить рабочее место, упаковать предметы, учитывая особенности музейных ценностей. В течение работы необходимо контролировать, чтобы бирки с идентификационными номерами оставались на месте.

Как только все предметы упакованы, они готовы к транспортировке в новое безопасное место. Груз сопровождается копиями описи и грузовой отправки (накладной).

Этап перевозки и хранения. В то время пока часть коллектива музея занята подготовкой документации и упаковкой предметов, другая часть должна сосредоточиться на подготовке зоны для хранения на новом месте. Это включает санобработку, обеспечение безопасности и проверку системы кодов местонахождения, составления плана размещения предметов на новом месте.

После официального получения предметов, необходимо проверить прилагаемую опись экстренной эвакуации и отсортировать предметы в зависимости от их материала и размера. Чтобы задокументировать местонахождение каждого предмета в новом временном хранилище, нужно отметить номер его коробки и номер полки в поле «новое местоположение» в описи. Обновленную опись с указанием нового местонахождения предметов передать в соответствующие органы.

В зонах активного конфликта важно постоянно следить за безопасностью, поэтому надо предпринимать надлежащие меры по ее обеспечению в новом временном хранилище. Также необходимо разработать распорядок уборки и мониторинга в новом временном хранилище во избежание повреждения предметов.

Данная работа дает более полное представление о том, что делать в условиях экстренной ситуации на объекте культуры. Но, как показывает практика, не бывает двух идентичных чрезвычайных ситуаций, именно поэтому описанный ход работ может быть изменен в соответствии с особенностями каждого конкретного случая.

Эта работа предназначена, прежде всего, для сотрудников объектов культуры, ответственных лиц. Изучая данный материал, они будут иметь четко спланированный алгоритм действий в экстренных ситуациях. Но необходимо помнить, что решение о том, какие меры принимать, какие привлекать силы в каждой конкретной ситуации принадлежит им.

Список литературы

1. А. Тандон. «Наследие в опасности: Руководство по эвакуации музейных ценностей» // Париж, ЮНЕСКО. 2018 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002466/246684r.pdf>.
2. К. Бендикс «Перемещение коллекций» // Лондон, Британская Библиотека. 2013 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.bl.uk/aboutus/stratpolprog/collectioncare/publications/booklets/moving_library_and_archive_collections.pdf.
3. Н. Столоу «Процедуры и нормы сохранения для музейных коллекций во время транспортировки и на выставке» // Париж, ЮНЕСКО. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0004/000468/046862eo.pdf>.
4. М. Шелли «Уход и обработка предметов искусства: практика в Метрополитен-музее» // Нью-Йорк, Метрополитен-музей. 1987 [Электронный ресурс] Режим доступа:

http://www.metmuseum.org/research/metpublications/The_Care_and_Handling_of_Art_Objects_Practices_in_The_Metropolitan_Museum_of_Art.

5. ЮНЕСКО «Уход и обработка рукописей. Защита Культурного Наследия: Руководство № 2» // Париж, ЮНЕСКО. 2006 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001484/148463E.pdf>.

6. ЮНЕСКО «Обработка коллекций в хранилище. Защита Культурного Наследия: Руководство № 5» // Париж, ЮНЕСКО. 2006 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001879/187931E.pdf>.

7. Канадский Институт Охраны «Общие меры предосторожности в складских помещениях» // Канадский Институт Охраны. Оттава. 2002 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://cci-icc.gc.ca/resources-ressources/ccinotesicc/1-1_e.pdf.

8. Е.В. Джонсон, Д.С. Хорган «Хранилище коллекции музея.: Технические Справочники для Музеев и Памятников №2» // Париж, ЮНЕСКО. 1979 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://unesdoc.unesco.org/images/0004/000423/042316eo.pdf>.

УДК 629.027

НЕОБХОДИМОСТЬ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО НЕРОВНЫМ ДОРОГАМ

Иванов Константин Серафимович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой механики и инженерной графики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, ksiva1957@mail.ru

Аннотация. Проанализированы источники динамического нагружения пожарных автомобилей при их движении по дорогам. При этом интенсивность динамических нагрузок в основном зависит от характеристик микропрофиля дорог, скорости движения, конструкции и динамических свойств пожарных автомобилей. При достижении динамическими нагрузками предельных значений могут происходить отказы агрегатов или перевозимого оборудования, а это, в свою очередь, приводит к необходимости в процессе разработки пожарных автомобилей принимать меры по снижению их динамической нагруженности.

Ключевые слова: динамические нагрузки, дисперсия, среднеквадратическое отклонение ускорений, доверительная вероятность, коэффициенты.

THE NEED TO REDUCE THE DYNAMIC LOADS OF FIRE TRUCKS WHEN DRIVING ON UNEVEN ROADS

Ivanov Konstantin S. – Ph.D., Head of the Mechanics and engineering graphics

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, ksiva1957@mail.ru

Abstract. The sources of dynamic loading of fire trucks during their movement on the roads. The intensity of dynamic loads mainly depends on the characteristics of the microprofile of roads, speed, design and dynamic properties of fire trucks. When dynamic loads reach the limit values, failures of units or transported equipment can occur, and this, in turn, leads to the need in the process of developing fire trucks to take measures to reduce their dynamic loading.

Keywords: dynamic loads, dispersion, standard deviation of accelerations, confidence probability.

При модернизации существующих и проектировании новых пожарных автомобилей, предназначенных для тушения пожаров для обеспечения высокой надежности и эффективности их применения расчеты оборудования, механизмов крепления, упругих систем и других конструктивных элементов должны проводиться на максимально допустимые динамические нагрузки, которые могут на них действовать при движении пожарных автомобилей по разбитым грунтовым проселочным дорогам с максимально возможными скоростями.

Анализ показывает, что при отсутствии частых «пробоев» подвески и отрывов колес от грунта процессы динамических нагрузок, действующих на пожарных автомобилей при движении по дорогам, можно рассматривать как нормальные, стационарные, эргодические случайные процессы. При этом определение максимальных динамических нагрузок должно проводиться на основе статистических методов. Применение детерминистических подходов, например, методов гармонического анализа или правила «трех сигм», применяемого в теории вероятностей, как правило, приводит к существенным погрешностям.

Рассматриваемая задача может быть решена на основе теории выбросов случайных процессов за заданный уровень.

При движении пожарных автомобилей по дорогам на их конструктивные элементы действуют весьма интенсивные динамические нагрузки, величины которых могут превышать допустимые значения (например, допустимые ускорения $\ddot{z}_{don}$). В связи с этим режимы движения пожарных автомобилей должны выбираться такими, чтобы максимальные расчетные значения ускорений $\ddot{z}_{max}$ конструктивных элементов, чувствительных к динамическим нагрузкам, не превосходили бы допустимых величин, т.е. должно соблюдаться условие:

$$\ddot{z}_{max} \leq \ddot{z}_{don} . \quad (1)$$

В статистическом смысле условие (1) может быть записано в виде

$$\sigma_{\ddot{z}} \leq \sigma_{\ddot{z}_{don}} , \quad (2)$$

где $\sigma_{\ddot{z}_{don}}$ – допустимое среднеквадратическое отклонение ускорений.

Величина допустимой дисперсии $D_{\ddot{z}_{don}}$ определяется выражением:

$$D_{\ddot{z}_{don}} = \frac{\ddot{z}_{don}^2}{\left[2 \ln \frac{TV_{\ddot{z}}}{2\pi \ln \frac{1}{P_0}} \right]^{\frac{1}{2}}} , \quad (3)$$

где P_0 – доверительная вероятность, при которой выполняется условие (1).

Вероятность P_0 может рассматриваться как вероятность безотказной работы конструкции автомобиля при движении по дорогам, исходя из условия непревышения действующими динамическими нагрузками со средними квадратическими отклонениями допустимых пределов $\ddot{z}_{don}$ в течение времени T . При этом

$$T = \frac{L}{V} , \quad (4)$$

где L – пробег автомобиля по дороге данного типа.

Рассмотрим методику определения максимально допустимых скоростей движения пожарных автомобилей по дорогам при условии непревышения действующими на автомобиль динамическими нагрузками со средними квадратическими отклонениями $\sigma_{\ddot{z}_{don i}}$ допустимых пределов $\ddot{z}_{don i}$. В основу методики могут быть положены условие (2) и зависимость (3).

Далее необходимо определить зависимость допустимого среднего квадратического отклонения $\sigma_{\ddot{z}_{don i}}$ в зависимости от скорости при движении пожарных автомобилей по i -ому типу дороги. Для этого подставим (3) в (2). Тогда получим

$$\sigma_{\ddot{z}_{don i}} = \frac{\ddot{z}_{don}}{\left[2 \ln \frac{L_i V \vartheta}{2 \pi V_i \ln \frac{1}{P_0}} \right]^{\frac{1}{2}}} \cdot \quad (5)$$

Анализ показывает, что пожарные автомобили типа АЦ-2,5/40 (131) 548 с колесной формулой 6х6 по условиям динамического нагружения оборудования и водителя может двигаться по разбитой грунтовой дороге со скоростью, как правило, не более 20...25 км/ч. При больших скоростях движение с высокой вероятностью ($P_0=0,95$) возможно превышение динамическими нагрузками допустимых пределов ($\ddot{z}_{don}=25 \text{ м/с}^2$ (2,5g)). В аналогичных условиях скорости движения многоопорных пожарных автомобилей (например, АА-15/80-100/3 (790912) ПМ-539) и могут быть более 60 км/ч.

При известных максимально допустимых скоростях движения пожарных автомобилей по i -ым типам дорог $V_{don i}$ могут быть определены средние скорости движения V_{cp} . При этом

$$V_{cp} = \frac{1}{\sum \frac{P_{ni}}{b_i V_{don i}}}, \quad (6)$$

где P_{ni} – коэффициенты распределения пробега по различным дорогам;

b_i – коэффициенты, зависящие от типа дорог и географических условий [23]:

$b_i = 0,35\text{--}0,65$.

Скорости движения пожарных автомобилей по неровным дорогам могут также ограничиваться «пробоями» упругих элементов подвески, которые приводят к резкому возрастанию динамических нагрузок.

Зависимость для среднего квадратического отклонения $\sigma_{f_{don}}$ при условии центрирования процесса динамических прогибов упругих элементов подвески $f(t)_o$ с учетом (4) получим:

$$\sigma_{f_{don i}} = \frac{f_{don}}{\left[2 \ln \frac{L_i V \vartheta f_i}{2 \pi V_i \ln \frac{1}{P_0}} \right]^{\frac{1}{2}}} \cdot \quad (7)$$

Рассмотренные методы позволяют на основе теоретических подходов определить характеристики динамических нагрузок, действующих на пожарные автомобили при движении по различным дорогам, в том числе максимальные их значения, определить максимально-допустимые и средние скорости движения автомобилей [1–10]. На основе предложенной методики могут быть определены пути снижения динамических нагрузок, действующих на пожарные автомобили. Уменьшение динамических нагрузок и, как следствие этого, увеличение скоростей движения пожарных автомобилей по неровным дорогам может быть достигнуто, в первую очередь, за счет совершенствования их динамических систем, систем подвески моторно-ходовых баз и упругого закрепления оборудования пожарных автомобилей.

Таким образом методика обоснования предельно допустимых скоростей движения пожарных автомобилей по дорогам позволяет определить допустимые скоростные режимы

их движения по неровным проселочным дорогам, исходя из условий их динамического нагружения.

Список литературы

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: Учебное пособие для вузов. 2-е изд. М.: Высшая школа. 2000. 480 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов, 10-е изд., стер. М.: Высшая школа. 2004. 479 с.
3. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высшая школа. 2004. 315 с.
4. Грачев Е.В. и др. Статистическое исследование возмущающих функций дорог. Автомобильная промышленность. 1969. № 12.
5. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля и его колебания. М.: Машиностроение. 1972.
6. Санковский Е.А. Вопросы теории автоматического управления (Статистический анализ и синтез САУ). Учеб. пособие для вузов по специальности «Автоматика и телемеханика». М.: Высшая школа. 1991. 232 с.
7. Фролов К.Ф. и др. Теория механизмов и деталей машин. М.: Высшая школа. 2001.
8. Цивильский В.Л. Теоретическая механика. Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа. 2004. 343 с.
9. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Учебник. 9-е изд. стер. СПб: Лань. 2004. 768 с.
10. Яковенко Ю.Ф. и др. Эксплуатация пожарной техники. Справочник. М.: Стройиздат. 1991. 415 с.

УДК 620.179.1

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И НЕДОСТАТКИ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Качуро Александр Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и инженерной графики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, fate_alex@rambler.ru

Аннотация. В работе проведен обзор недостатков методов контроля дефектации узлов и деталей пожарной техники специального назначения, имеющих защитные покрытия. Приведены преимущества вихретокового метода, как наиболее эффективного для проверки деталей с защитными покрытиями, а также для определения толщины этих покрытий.

Ключевые слова: Ультразвуковой контроль деталей, повышение выявляемости дефектов, вихретоковый метод, экспериментальные исследования выявляемости дефектов, дефектоскоп, способ неразрушающего контроля узлов и деталей, метод голографической интерферометрии.

CHARACTERISTIC FEATURES AND DISADVANTAGES OF CONTROL METHODS IN FAULT DETECTION UNITS AND PARTS WITH PROTECTIVE COATING

Kachuro Alexander M. – Ph.D., Associate Professor of Mechanics and engineering graphics

Abstract. The paper presents an overview of the shortcomings of the methods of control fault detection of components and parts of fire equipment for special purposes, having a protective coating. The advantages of the eddy current method as the most effective for testing parts with protective coatings, as well as for determining the thickness of these coatings.

Keywords: Ultrasonic inspection of details, increase of detectability of defects, eddy current method, experimental researches of detectability of defects, flaw detector, method of non-destructive control of knots and details, method of holographic interferometry.

Многие узлы и агрегаты пожарной техники специального назначения для предохранения от коррозии, вредного воздействия агрессивных сред, высокой температуры и т.п. имеют защитные лакокрасочные, эмалевые, металлические и другие покрытия. Опыт показывает, что при проведении контроля деталей с защитными покрытиями специалисты допускают методические ошибки, снижающие его эффективность. Практически при использовании большинства распространенных методов необходимо учитывать специфические особенности подготовки и проведения контроля узлов и деталей с покрытиями.

Возможность проведения ультразвукового контроля изделий с защитными покрытиями обуславливается не только акустическими свойствами материала, из которого изготовлена деталь, но и акустическими свойствами, толщиной и качеством сцепления защитного покрытия с основным металлом.

Например, лопатки компрессоров и турбин некоторых авиационных узлов двигателей самолетов МЧС подвергают эмалированию (рис. 1). Эмалевое покрытие толщиной до 80 мкм является в принципе «прозрачным» для ультразвуковых колебаний, вследствие чего энергетические потери при переходе упругих колебаний от преобразователя в кромку лопатки и искажения ультразвукового луча невелики. Поэтому ультразвуковой контроль деталей, покрытых эмалями приводят в основном по технологии проверки незэмалированных лопаток.

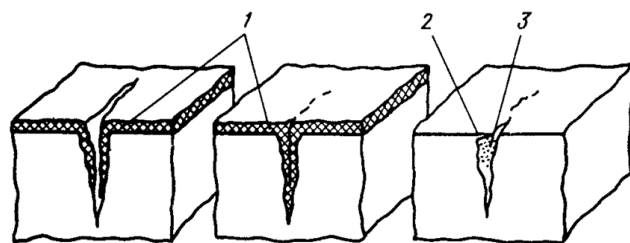


Рисунок 1 – Примеры заполнения или перекрытия полостей дефектов, подлежащих выявлению при цветном контроле, окисной пленкой (1), слоем деформированного металла (2), металлической и абразивной пылью (3)

Если толщина эмалевого покрытия больше 0,08 мм, то при контроле концевой импульс от торца пера может отсутствовать. Это свидетельствует о непрозвучиваемости лопатки, следовательно, и о невозможности контроля такой лопатки ультразвуковым методом.

Различные покрытия, а также загрязнения на поверхности деталей, подвергаемых контролю капиллярными методами, могут перекрывать полости дефектов или полностью заполнять их. Они приводят к снижению интенсивности окраски проникающей жидкости, ухудшению ее капиллярных свойств, способствуют образованию окрашенного либо люминесцирующего фона и после нанесения проявляющей краски вызывают появление ложных дефектов. Все это ведет к снижению достоверности контроля.

Лакокрасочное покрытие заполняет полости только тех поверхностных дефектов, которые возникли до его нанесения. Полости усталостных трещин, возникших на окрашенных деталях, эластичный слой покрытия, как правило, перекрывает (пленка покрытия разрешается только при образовании крупных трещин). Растрескавшиеся и набухшие под воздействи-

ем проникающей жидкости покрытие создает после нанесения проявителя ложные дефекты и окрашенный или светящийся фон. Поэтому перед капиллярным контролем лакокрасочное покрытие надо полностью удалять с поверхности проверяемых деталей.

Гальваническое покрытие создает ложные дефекты при наличии в нем повреждений: рисок, царапин, вмятин (медное, цинковое, кадмиевое покрытия), растрескиваний (хромовое, никелевое покрытия) и т.д. Его можно не удалять перед контролем в том случае, если целью контроля является обнаружение относительно крупных трещин, а также при поиске дефектов в самом гальваническом покрытии. Для обеспечения наиболее высокой чувствительности и достоверности контроля основного материала деталей гальванические покрытия следует удалять.

Пористые оксидные покрытия, окрашиваясь проникающей жидкостью, создают фон и ложные дефекты, что затрудняет обнаружение мелких действительных дефектов в основном материале. Плотные покрытия практически не окрашиваются проникающей жидкостью и не влияют на выявляемость трещин, образовавшихся после оксидирования. Мелкие трещины, образовавшиеся до оксидирования, при большой толщине оксидной пленки (20...100 мкм) могут быть закрыты[1].

Оксидная пленка, образующаяся на алюминиевых деталях при эксплуатации, как правило, не приводит к ухудшению выявляемости поверхностных дефектов. Пленка на стальных деталях, деталях из жаропрочных, магниевых, титановых, ниобиевых сплавов и вольфрама препятствует обнаружению дефектов. Особенно снижает эффективность контроля оксидная пленка, возникающая на стенках трещин у их выхода на поверхность детали (рис. 1). Объем продуктов окисления превышает объем неокисленного металла, поэтому окислы закупоривают устье дефектов.

Пленка на стальных деталях, деталях из жаропрочных, магниевых, титановых, ниобиевых сплавов и вольфрама препятствует обнаружению дефектов. Особенно снижает эффективность контроля оксидная пленка, возникающая на стенках трещин у их выхода на поверхность детали. Объем продуктов окисления превышает объем неокисленного металла, поэтому окислы закупоривают устье дефектов.

Окисная пленка на деталях из стали, жаропрочных сплавов и других материалов перед капиллярным контролем должна быть удалена.

При выборе способа снятия покрытия и очистки деталей от загрязнений необходимо руководствоваться соответствующими методическими рекомендациями и установить, какие вещества могут остаться на поверхности детали и повредить нормальному процессу выявления дефектов. В некоторых случаях полости дефектов загрязняются снимаемыми с поверхности деталей веществами или веществами, применяемыми или образующимися при очистке. Такие вещества также следует удалять из полостей дефектов. Тогда подготовку деталей к контролю выполняют последовательно различными способами так, чтобы в результате в полостях дефектов оставались вещества, легко удаляемые при прослушивании[2].

Одним из факторов, существенно влияющих на чувствительность контроля магнитопорошковым методом, является толщина немагнитного покрытия. При наличии немагнитного покрытия на поверхности проверяемой детали чувствительность метода уменьшается.

Для повышения выявляемости дефектов под слоем хрома толщиной до 50 мкм на малогабаритных объектах контроля целесообразно применять метод осмотра поверхности детали без извлечения ее из суспензии. Для этого деталь укладывают на латунную сетку, размешивают суспензию и опускают в нее деталь на глубину 2...3 см. Через 10...15 с деталь поднимают к поверхности суспензии так, чтобы осматриваемая поверхность была на глубине 1...3 мм. Поверхность детали осматривают через этот слой суспензии. Если на поверхности детали накопилось большое количество порошка, то его смывают, слегка покачивая деталь в суспензии. При таком методе осмотра отсутствует смывающее действие жидкости, ее поверхностное натяжение, поэтому обеспечивается четкое выявление мелких трещин, которые обычным методом выявить не удастся [3].

Следовательно, вихретоковый метод – один из наиболее эффективных для проверки деталей неметаллическими покрытиями, а также определения толщины этих покрытий. Для

названных двух методов необходимо только, чтобы не было грубых дефектов лакокрасочного покрытия, вызывающих перекося преобразователей из-за того, покрытия не влияют на результаты контроля радиационными методами.

В современных агрегатах пожарной техники специального назначения на детали наносят металлические, металлокерамические или керамические защитные покрытия плазменным, детонационным, газоплазменным и другими газотермическими методами. Пока не накоплено достаточного практического опыта дефектации деталей с новыми покрытиями, однако выполненные экспериментальные исследования выявляемости дефектов на образцах и деталях с напыленными покрытиями позволяют привести некоторые рекомендации [4].

Трещины в основном материале узлов, не прошедшие через слой металлического покрытия толщиной 50...80 мкм, вихретоковыми дефектоскопами типа ВД-92НП и ВД-90НП не выявляются вследствие экранирующего действия покрытия. Трещины, распространяющиеся только в слое покрытия, вихретоковыми дефектоскопами не выявляются из-за небольшой глубины [5].

На поверхности нешлифованных покрытий, нанесенных плазменно-дуговым методом напыления, выявление трещин и пор капиллярными методами затруднено из-за наличия сильного окрашенного маскирующего фона. На шлифованной поверхности таких покрытий выявляются трещины длиной более 0,1 мм. Шероховатость покрытия, нанесенного ионно-плазменным методом, обнаружению трещин капиллярными методами не препятствует. На деталях и образцах с покрытием из оксида циркония трещины в покрытии и в основном материале капиллярными методами обнаружить невозможно из-за сильного маскирующего фона.

В заключение необходимо подчеркнуть, что снятие покрытия с детали для проведения контроля и нанесение его вновь - очень трудоемкие, экономически не выгодные процессы. Поэтому разработка и применение эффективных способов неразрушающего контроля узлов и деталей без удаления защитных покрытий является актуальной и важной задачей. Наряду с более детальной проработкой возможностей и особенностей применения традиционных методов неразрушающего контроля, для решения этой задачи следует изучать и использовать новые методы: голографической интерферометрии, контактный теплотеметрический, газосорбционный радиоизотопный и др [6–8].

Список литературы

1. Генералов А.С., Мурашов В.В., Далин М.А., Бойчук А.С. Диагностика полимерных композитов ультразвуковым реверберационно-сквозным методом // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №1. С. 42–47.
2. Троицкий В.А. Ультразвуковой контроль. Дефектоскопы, нормативные документы, стандарты по УЗК. Киев: Феникс. 2006. 224 с.
3. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы и средства неразрушающего контроля многослойных конструкций. М.: Машиностроение. 1991. 272 с.
4. Тищук Л.И., Соломонов К.Н. Применение неразрушающего контроля в процессах производства и эксплуатации транспортных систем//Труды XIV Всероссийской научно-технической конференции АКТ-2013. Воронеж: Элист. 2013. С. 287–291.
5. Тензометрия в машиностроении: справочное пособие. М.: Машиностроение. 1975. 288 с.
6. Виноградов А.В., Москвин В.Н. Системный подход к проектированию многофункциональных преобразователей для неразрушающего контроля // Тез. регион. научно-практич. конф. «Транссиб-99». Новосибирск. 24–26 июня 1999. С. 240–241.
7. Щербинский В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений. Спб.: Издательство «СВЕН». 2014.
8. Ложкова Д.С., Далин М.А. Оценка достоверности автоматизированного ультразвукового контроля типовых сплавов с использованием математического моделирования//В мире неразрушающего контроля. 2014. №4 (66). С. 15–19.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛЕБАНИЙ И ПОДВЕСКИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ

Реснянский Сергей Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и инженерной графики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, resy_1976@mail.ru

Аннотация. В ходе выполнения работы автором проведен анализ подвески пожарно-спасательного автомобиля, определены параметры автомобиля, определяющие характер колебаний автомобиля и его плавность хода, к ним относятся: поддрессорная масса автомобиля, координаты центра тяжести поддрессорной части, приведенные жесткости передней и задней подвесок, радиальные жесткости шин и др.;

Определены параметры колебаний и параметры, характеризующие неровности дороги, скорость автомобиля и его плавность хода и выделена роль этих параметров при расчете подвески автомобиля. Приведены пути решения задач определения параметров влияющих на подвеску пожарно-спасательного автомобиля.

Ключевые слова: анализ, подвеска, параметры, автомобиль, колебания, неровности, дорога, коэффициент, затухания.

ANALYSIS OF PARAMETERS FOR CALCULATION OF VIBRATIONS AND SUSPENSION OF FIRE-RESCUE VEHICLE

Resnyansky Sergey G. – Ph.D., Associate Professor of Mechanics and engineering graphics Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, resy_1976@mail.ru

Abstract. In the course of the work the author analyzes the suspension of fire-rescue vehicle, determined the parameters of the car, determining the nature of the vibrations of the car and its smoothness, these include: the suspension mass of the car, the coordinates of the center of gravity of the suspension part, given the rigidity of the front and rear suspensions, radial stiffness of tires, etc.;

The parameters of oscillations and parameters characterizing the road irregularities, the speed of the car and its smoothness are determined and the role of these parameters in the calculation of the car suspension is highlighted. The ways of solving the problems of determining the parameters affecting the suspension of fire-rescue vehicle.

Keywords: analyst, suspension settings, vehicle vibrations, bumps, road, coefficient, attenuation.

При расчете колебаний автомобиля и параметров его подвески приходится иметь дело со многими величинами, которые можно условно разделить на три группы [1–4]:

1. Параметры автомобиля. Сюда отнесем величины, которые в первую очередь определяют характер колебаний автомобиля и его плавность хода: поддрессоренную массу автомобиля M , координаты центра тяжести поддрессоренной части a , b и в базу автомобиля L , неподдрессоренные массы передней и задней подвесок m_1 и m_2 , приведенные жесткости передней и задней подвесок $2c_{p1}$ и $2c_{p2}$, радиальные жесткости шин $2c_{ш1}$ и $2c_{ш2}$, расчетные значения коэффициентов сопротивления амортизаторов $2k_1$ и $2k_2$.

2. Параметры колебаний. К ним отнесем собственные частоты и коэффициенты затухания низкочастотных составляющих Ω_1 , h_1 (передняя подвеска) и Ω_2 , h_2 (задняя подвеска), а также высокочастотных составляющих $\Omega_{к1}$, $h_{к1}$ (передняя подвеска) и $\Omega_{к2}$, $h_{к2}$ (задняя подвеска). К указанным величинам следует добавить зависящие от них перемещения колеб-

лющихся масс, а также первые, вторые и третьи производные этих перемещений по времени, характеризующие колебания автомобиля с точки зрения различных предъявляемых к нему требований.

3. Параметры, характеризующие неровности дорог, скорость движения автомобиля и его плавность хода. Неровности дороги будем характеризовать длиной s и высотой $2q_0$, допустимыми по условиям плавности хода, а скорости – интервалом употребительных значений $v_{min} - v_{max}$. В качестве измерителя плавности хода примем на основании материалов предыдущего раздела ускорения кузова z_1 и z_2 .

Конструктор судит о качестве подвески автомобиля по первой и третьей группам параметров. Параметры колебаний определяются на промежуточном этапе расчета и могут не содержаться в его результатах. Однако роль их очевидна, так как именно параметры колебаний указывают расчетчику причины низкого качества подвески или пути ее совершенствования [5, 6].

В основу расчета могут быть положены различные требования, чаще всего требования плавности хода, т.е. удобства езды пассажиров или сохранности перевозимого груза при движении автомобиля с эксплуатационными скоростями.

При расчете колебаний автомобиля и параметров его подвески могут встретиться две основные задачи – прямая и обратная.

Прямая задача – это проверочный расчет, при котором известны параметры автомобиля, непосредственно влияющие на его плавность хода, а требуется найти величины, характеризующие плавность хода автомобиля при движении его по дорогам с неровной поверхностью.

Обратная задача возникает при проектировании автомобиля, когда, задаваясь желательными или допустимыми значениями параметров, характеризующих плавность хода автомобиля, ищут необходимые величины параметров автомобиля и в частности параметров подвески и амортизаторов.

На рис. представлена желательная схема связи между указанными тремя группами параметров, причем сплошные стрелки соответствуют прямой задаче (проверочному расчету), а пунктирные – обратной задаче (проектированию). Штриховкой выделены конечные задачи проверочного расчета и проектирования.

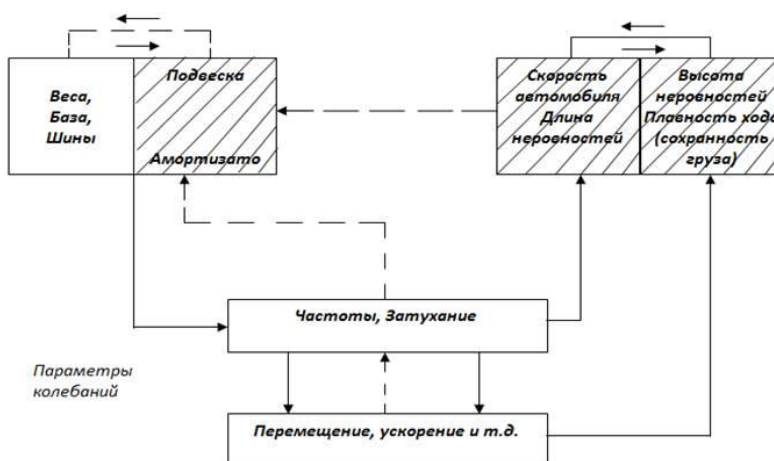


Рисунок – Схема решения прямой и обратной задачи расчета плавности хода автомобиля

Таким образом для расчета колебаний автомобиля и параметров подвески необходимо найти те зависимости, которые связывают три группы параметров автомобиля, перечисленные выше.

Связь между параметрами автомобиля и параметрами его колебаний может быть получена решением дифференциальных уравнений движения.

Однако во многих практических случаях желательно и возможно провести расчет ко-

лебаний автомобиля более простыми методами. Исследования физической сущности колебаний автомобиля, приведенные выше, позволяют наметить расчетные схемы, которые, отражая физические особенности колебаний масс автомобиля, обеспечивают простоту и достаточную точность расчета.

Величины собственных частот и коэффициентов затухания, определяя характер колебаний масс автомобиля, уже дают косвенное представление о качестве подвески. Расчеты, проведенные для разнообразных сочетаний параметров подвески автомобиля, показали, что упрощенный метод, при котором параметры связанной системы заменяют парциальными, т.е. считают, что

$$\Omega = \omega_0; \quad h = h_0; \quad \Omega_k = \omega_k; \quad h_k = h_{k0}$$

приводит к значительным ошибкам.

Поэтому приходится искать собственные частоты и коэффициенты затухания, решая характеристическое уравнение, имеющее четвертый и восьмой порядок. Такой расчет имеет тот недостаток, что утрачивается непосредственная связь между величинами M , m , c , su , k , с которыми имеет дело конструктор, и искомыми величинами Ω , h , Ω_k , h_k .

Как показали расчеты для различных вариантов, даже при мало благоприятных случаях погрешность вследствие пользования приближенными формулами не приближает 4–6 %.

Данные о физической сущности колебаний масс автомобиля позволяют предложить в качестве расчетных схем простейшие системы с одной степенью свободы. Вид системы зависит от того, какая величина является искомой. Рассмотрим этот вопрос подробнее, пренебрегая связью между колебаниями автомобиля на передней и задней подвесках и уделяя основное внимание двум резонансным областям – низкочастотной и высокочастотной [7–10].

Расчет перемещений или ускорений кузова автомобиля даже для простейшей колебательной системы с одной степенью свободы требует одного-двух рабочих дней, необходимых главным образом для расчета неустановившихся колебаний. В связи с этим представляет интерес разработка метода быстрой, но приближенной, оценки перемещений и ускорений кузова, не требующей решения уравнений движения.

Результаты контрольных расчетов показали, что при обычных для автомобилей соотношениях погрешность при оценке перемещений не превышает 7–10 %, а при оценке ускорений 12–16 %.

Таким образом, определенные в данной работе параметры являются основой для дальнейшего совершенствования методов расчета подвески пожарно – спасательного автомобиля с учетом новейших достижений в области науки и техники. На основе параметров определены пути решения задач расчета подвески пожарно – спасательного автомобиля.

Список литературы

1. Баженов С.П., Казьмин Б.Н., Носов С.В. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов. Издательство «Академия». 2005. 223 с.
2. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. Учебник. Издательство «Высшая школа». 1980. 274 с.
3. Колесников А.Е. Шум и вибрация. Учебник. Издательство: «Судостроение». 1988. 255 с.
4. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник для ВУЗов. Издательство «Наука». 2001. 176 с.
5. Певзнер Я.М., Гридасов Г.Г., Конев А.Д. и др. Колебания автомобиля. Испытание и исследование. Издательство: Машиностроение. 1979. 190 с.
6. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески. Издательство «Машиностроение». 1987. 79 с.
7. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. Издательство «Машиностроение», 1972.
8. Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторострое-

ние". М.: МГТУ "МАМИ". 2007. 230 с.

9. Стерементарев В.А. Разработка методов снижения вибраций и шума легковых автомобилей. Автореферат на соискание ученой степени кандидат технических наук по специальности 05.05.03. Москва. 1984. 18 с.

10. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. Учебное пособие. Издательство «Техническая книга». 2006. 241 с.

УДК 62-23

СИНТЕЗ МЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА

Широухов Александр Валерьевич – кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры механики и инженерной графики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, shiroukhov75@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрен механический привод как сложная техническая система, принципы его проектирования как процесс синтеза системы по ряду входных параметров и предъявляемых критериев, так же рассмотрены основные направления синтеза привода как сложной технической системы, основанные на оптимизации параметров.

Ключевые слова: механический привод, сложная техническая система, структурный и параметрический синтез, критерий качества.

SYNTHESIS OF MECHANICAL DRIVE

Shiroukhov Alexander V. – Ph.D., Deputy head of the department of Mechanics and engineering graphics

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, shiroukhov75@mail.ru

Abstract. In the course of the work considers the mechanical drive as a complex technical system, the principles of its design as a process of synthesis of the system for a number of input parameters and criteria, as well as the main directions of synthesis of the drive as a complex technical system based on the optimization of parameters.

Keywords: mechanical drive, complex technical system, structural and parametric synthesis, quality criterion.

Высокое качество механических приводов закладывается на этапе разработки и обеспечивается в основном в процессе их производства. Эти задачи могут быть успешно решены только путем широкого внедрения в практику разработки методов оптимального проектирования и комплексной оценки их качества исходя из мирового уровня развития науки и техники, который может быть достигнут к периоду их серийного производства и эксплуатации.

Методологической основой решения указанных задач является системный подход, который базируется на следующих принципах.

1. Разработка механического привода должна осуществляться как разработка единого целого, состоящего из отдельных взаимосвязанных элементов с учетом их структурного и функционального взаимодействия (принцип целостности).

2. Объекты применения привода должны рассматриваться как сложные технические системы, состоящие из отдельных элементов, представляющих, в свою очередь, сочетание

различных узлов, механизмов, деталей и должны рассматриваться как иерархические многоуровневые структуры (принцип иерархичности).

3. Образцы приводов должны рассматриваться как многомерные системы, характеризующие множеством показателей качества (принцип многомерности). При этом качество разрабатываемого образца, как правило, должно оцениваться по нескольким критериям, зависящих от частного показателя качества и характеризующим совокупность свойств образца, определяющих его пригодность к использованию соответствии с его назначением в определенных условиях эксплуатации и с учетом затрат необходимых ресурсов (экономических, материальных, временных, экологических и т.д.)

4. Разрабатываемый образец привода должен рассматриваться как сложная техническая система, связанная и взаимодействующая с другими системами и окружающей средой (принцип интеграции).

5. Задачи, связанные с разработкой сложных механических приводов, как правило, необходимо решать в условиях неопределенности, связанной с недостаточностью, неточностью информации, которая имеется в распоряжении работника, или нечеткостью его представлений о том или ином рассматриваемом объекте, понятии (принцип неопределенности). Под неопределенностью следует понимать:

- неопределенность условий эксплуатации механического привода, характеристик состояния среды и возмущений, действующих на него;
- неопределенность результатов прогнозирования условий эксплуатации и характеристик рассматриваемых образцов приводов;
- неопределенность в выборе целей и задач, которые ставит перед собой разработчик, и их приоритета, что приводит к необходимости решения задач оптимального проектирования на основе нескольких противоречивых критериев.

6. Разработка сложного механического привода должна производиться с учетом исторического аспекта, т.е., с учетом опыта разработки, производства и эксплуатации ранее созданных аналогичных образцов и прогнозируемых перспектив их развития (принцип историчности).

7. Разработка должна осуществляться на основе результатов решения оптимизационных задач структурного и параметрического синтеза системы целом и отдельных ее элементов (принцип оптимальности).

Таким образом, исходя из указанных принципов системного подхода, при разработке сложные механические приводы должны рассматриваться как параметрические системы, качество которых на основании неопределенности целей разработки должно определяться с различных сторон по нескольким критериям, зависящим от частных показателей качества. При этом оптимизационные задачи структурного и параметрического синтеза как сложной технической системы в целом, так и отдельных ее элементов, должны формироваться и решаться, как правило, в многокритериальной постановке с учетом ограничений на характеристики разрабатываемого образца и внешних воздействий.

Следует подчеркнуть, что в связи с противоречивостью различных критериев качества разрабатываемого образца, с которой обычно сталкивается проектировщик, многокритериальные оптимизационные задачи не имеют однозначного определенного решения. Здесь можно говорить только о целесообразном компромиссе между значениями различных критериев, которые реализуются в образце разработчиком.

В настоящее время разработаны методы решения многокритериальных оптимизационных задач, которые могут быть в общем случае объединены в три группы. К первой группе относятся методы, основанные на свертке нескольких критериев качества в один общий критерий. При этом многокритериальная задача оптимизации сводится к однокритериальной задаче. В методах, относящихся ко второй группе, для решения многокритериальных оптимизационных задач используется дополнительная информация, например в виде функции полезности, заданной на множестве альтернативных вариантов. К третьей группе относятся методы, основанные на применении диалогового режима работы, в процессе которого про-

водится анализ достаточно большого количества возможных конструктивных вариантов и выбирается лучший.

Поскольку, основные требования к свойствам разрабатываемого механического привода задаются в техническом задании, то в процессе разработки должны выбраться такие оптимальные (или целесообразные) технические решения, которые отвечали бы требованиям задания, а также другим, дополнительным требованиям (конструктивным, технологическим, эксплуатационным и т.д.) предъявляемым к образцу.

Как правило, эти требования, а следовательно, и цели разработки являются противоречивыми. В частности, невозможно добиться одновременно максимума эффективности и минимума стоимости образца механического привода, т.е., в реальной конструкции невозможно обеспечить экстремальные значения всех качественных показателей.

Следовательно, качество механического привода при их разработке должно оцениваться, как правило, по нескольким критериям (показателям), определяющим не только эффект от их использования, т.е. их пригодность к удовлетворению определенных потребностей, но и затраты на получение этого эффекта, связанные с их разработкой, производством и эксплуатацией. При этом различные задачи оптимального проектирования должны формулироваться и решаться как многокритериальные.

Таким образом, разработка механического привода как сложной технической системы связана с рядом особенностей.

1. Наличие в приводе большого числа взаимосвязанных подсистем (элементов), каждая из которых имеет конструктивную целостность, определенное значение, характерные для нее параметры, особенности функционирования.

2. Многообразие подсистем, работающих на основе различных физических принципов.

3. Многообразие возможных структурных схем и постоянно развивающаяся элементная база для технической реализации как механического привода в целом, так и отдельных его ступеней, разнообразие схем соединения различных ступеней (элементов) в единый привод.

4. Большое число показателей качества, которые определяют свойства привода в целом и отдельных его элементов.

5. Для обеспечения высокого качества разрабатываемого образца механического привода выбор технических альтернатив должен базироваться на решении многокритериальных задач оптимального проектирования.

6. Процесс разработки должен иметь итерационный характер, когда обеспечение требуемых характеристик привода осуществляется путем итерационных процедур, в ходе которых согласуются параметры различных ступеней и привода в целом.

Обоснование принимаемых технических решений в процессе разработки связано с решением двух основных задач выбора структуры привода и определения числовых значений параметров привода в целом и ее отдельных элементов. В связи с этим можно выделить два основных вида многокритериальных оптимизационных задач, решаемых при разработке механического привода как образца сложной технической системы:

- задачи структурного синтеза;
- задачи параметрического синтеза.

Следует подчеркнуть, что часто указанные задачи объединяются в одну и решаются совместно.

Рассмотрим оптимизируемый объект (привода, элемент), процесс функционирования которого характеризуется:

- характеристиками внешних воздействий, определяемыми условиями среды или сопряжения с внешними объектами;
- выходными переменными (процессами);

- управляющими (оптимизируемыми) параметрами, которые могут изменяться (варьироваться) проектировщиком;
- внутренними конструктивными параметрами, которые остаются постоянными или могут быть изменены, в зависимости от текущих (промежуточных) результатов проектирования.

При решении задач оптимального проектирования качество объекта определяется критериями синтеза, которые представляют собой набор выходных параметров, входящих в определенное множество или зависящих от них функций, определяемых на основе математической модели процесса функционирования оптимизируемого объекта (привода).

Основной целью структурного синтеза привода является определение его оптимального структурного состава, т.е. сочетания конструктивных элементов, связанных между собой, при условии обеспечения наилучших, значений выбранных критериев качества и с учетом принятых ограничений на параметры привода, его элементы и условия эксплуатации. Обычно при решении рассмотренных задач структурного синтеза оптимизируется не только структура системы, но и ее параметры. Однако весьма часто задачи оптимального проектирования решаются при условии, когда структурная (конструктивная) схема привода известна. В этих случаях решаются задачи параметрического синтеза, основной целью которых является оптимизация показателей качества разрабатываемого механического привода.

Задачи структурного и параметрического синтеза могут решаться как в детерминистической, так и в стохастической постановке. В последнем случае внешние возмущения, конструктивные параметры образца, а следовательно, выходные процессы, критерии качества и ограничения могут рассматриваться как случайные величины или функции.

Список литературы

1. Широухов А.В., Иванов К.С. Оптимизационные задачи синтеза виброзащитных систем элементов автомобильных базовых шасси пожарно-спасательной техники. [Текст] / Широухов А.В., Иванов К.С. // Проблемы управления рисками в техносфере». СПб: СПб УГПС МЧС России. 2015. №3. 175 с. ISSN 1998-8990.
2. Широухов А.В., Иванов К.С. Эмпирические критерии качества виброзащитных систем пожарно-спасательной техники. [Текст] / Широухов А.В., Иванов К.С. // Проблемы управления рисками в техносфере». СПб: СПб УГПС МЧС России. 2014. № 3. 191 с. ISSN 1998-8990.
3. Учаев П.Н., Гуревич Ю.Е и др., Механический привод с редукторами, мотор-редукторами и коробками скоростей [Текст] учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки: Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / Учаев П.Н., Гуревич Ю.Е и др. // Старый Оскол, ТНТ. 2010. 200 с. ISBN: 978-5-94178-219-2.
4. Балакина Е.А. Исследование динамики и параметров механического привода рулонной печатной машины по требованиям регламентированной точности печати. [Текст]. автореферат диссертации / Балакина Е.А. // Омский государственный технический университет. 2000. 18 с.
5. Грабский А.А., Плеханов Ф.И., Сунцов А.С. Рациональные конструкции механических приводов и возможности их применения в горных машинах [Текст] / Грабский А.А., Плеханов Ф.И., Сунцов А.С. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). М.: Общество с ограниченной ответственностью "Горная книга". 2018. 146 с. ISSN: 0236-1493
6. Санников А.А., Куцубина Н.В. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. проектирование, прогнозирование, оптимизация машин и оборудования лесного комплекса [Текст] учебное пособие / А.А. Санников, Н.В. Куцубина // Федеральное агентство по образованию. Уральский гос. лесотехнический ун-т. Екатеринбург. 2009. 117 с.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ СНЕГОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАЙОНАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ермошин Николай Алексеевич – доктор военных наук, профессор, профессор кафедры автодорожной службы

ФГКВОУ ВО Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

199034, Россия, Санкт-Петербург, Наб. Макарова, д.8, ermonata@mail.ru

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, д.8, dimonb1980@mail.ru

Аннотация. В работе обоснован способ использования мобильных сборно-разборных снегозащитных конструкций для противодействия снежным заносам и метелям на слабо защищенных от них участках автомобильных дорог. Предлагается способ монтажа и демонтажа указанных конструкций, и состав сил и средств, привлекаемых для этих целей.

Ключевые слова: конструкция, мобильность, защита, дорога, интенсивность, движение, транспорт, снег, метель.

JUSTIFICATION OF APPLICATION OF COLLAPSIBLE SNOW PROTECTION DESIGNS IN AREAS OF EMERGENCY SITUATIONS

*Ermoshin Nikolay Al. – Ph.D, Professor, Professor of Department of Auto-road service
General Khrulev Military Academy of Logistics*

st. Makarova, 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, ermonata@mail.ru

*Bukatov Dmitry S. – candidate of technical sciences, teacher of department road service
General Khrulev Military Academy of Logistics*

st. Makarova, 8, St. Petersburg, 199034, Russian Federation, dimonb1980@mail.ru

Abstract. In work the way of use of mobile collapsible snow protection designs for counteraction to snow drifts and blizzards on the sections of highways which are poorly protected from them is reasonable. The way of installation and dismantling of the specified designs, and structure of forces and the funds raised for these purposes is offered.

Keyword: design, mobility, protection, road, intensity, movement, transport, snow, blizzard.

Анализ климатических условий и опыта эксплуатации автомобильных дорог показывает, что дороги с одинаковыми техническими и эксплуатационными характеристиками в пределах одного региона для одних районов допускают безопасные условия движения с расчетными скоростями, в то время как в других районах в зимний период года наблюдается снижение средней скорости движения транспортного потока и повышение аварийности. Природные катаклизмы, периодически возникающие на автомобильных дорогах России, особенно в зимний период, приводят к серьезным человеческим жертвам, повреждению транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры, преждевременному израсходованию материально-технических ресурсов дорожно-эксплуатационных организаций и МЧС России, и в целом оказывают значительное негативное влияние на экономическую систему государства.

Обеспечение требуемых эксплуатационных показателей автомобильных дорог, подверженных снежным заносам, является залогом снижения уровня влияния погодных

климатических условий на элементы транспортной инфраструктуры России. Следует заметить, что общая протяженность автомобильных дорог в Российской Федерации составляет около 1,5 млн. км, при этом эффективно защищено от снежных заносов и метелей при помощи лесопосадок и постоянных заборов снегопередающего действия лишь 48 %.

Борьба со снежными заносами и метелями на дорогах осуществляется силами дорожно-эксплуатационных организаций, а ликвидация их последствий кроме того и силами МЧС России. Однако сил и средств у дорожно-эксплуатационных организаций зачастую не хватает, да и те которые имеются в наличии, в большинстве своем морально устарели. Чего только стоит использование против снежных заносов и метелей деревянных щитов на участке автомобильной дороге А114 Вологда – Новая Ладога, которые нашли свое первое применение еще в 30-х годах прошлого века.

Для решения этой проблемы в Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В.Хрулева, на кафедре автодорожной службы разработан комплект технических средств, а также способ монтажа и демонтажа сборно-разборных снегозащитных конструкций (рисунок 1) [1].

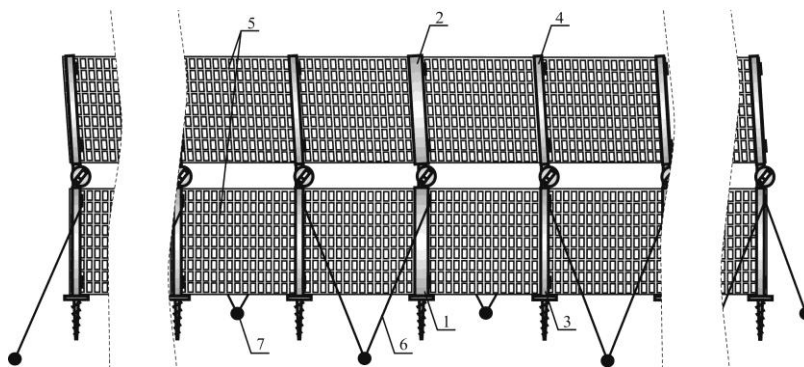


Рисунок 1 – Общий вид сборно-разборных снегозащитных конструкций

Разработанные технические решения относятся к мобильным системам защиты автомобильных дорог от снежных заносов, а также могут быть использованы для ограждения строящихся, реконструируемых и ремонтируемых участков автомобильных дорог, городских улиц и транспортных сооружений; ограждении производственных баз дорожного строительства и складов дорожно-строительных материалов, мест стоянок дорожно-строительных машин, визуализации изменения направления трассы автомобильной дороги и т.п.

Основными элементами сборно-разборных снегозащитных конструкций являются: приспособление для монтажа защитной сетки из полимерных материалов (1), приспособление для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром (2), стойка крепления защитной сетки из полимерных материалов (3), штанга крепления защитной сетки из полимерных материалов с шарниром (4), защитная сетка (5), комплект растяжек (6), комплект колов (7).

Сборно-разборные снегозащитные конструкции состоят из одинаковых модулей. В состав одного модуля сборно-разборных снегозащитных конструкций входят приспособление для монтажа защитной сетки из полимерных материалов – 1 (1 шт.), стойка крепления защитной сетки из полимерных материалов – 2 (14 шт.), приспособление для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром – 3 (1 шт.), штанга крепления защитной сетки из полимерных материалов с шарниром – 4 (14 шт.), защитная сетка – 5 ($2 \times 47 \pm 2$ п/м), растяжка – 6 (30 шт.), кол – 7 (16 шт.).

Все работы по установке сборно-разборных снегозащитных конструкций выполняет расчет в количестве 6 человек.

Для монтажа сборно-разборных снегозащитных конструкций первый номер расчета удерживает приспособление для монтажа защитной сетки из полимерных материалов с предварительно намотанной на него защитной сеткой в вертикальном положении заостренным шнеком к земле, второй номер расчета вставляет монтажный ключ в отверстие для мон-

тажа приспособления для монтажа защитной сетки из полимерных материалов и, оказывая силовое воздействие на рукоять ключа закручивает приспособление для монтажа защитной сетки из полимерных материалов в грунт до достижения требуемого заглубления заостренного шнека до упора; третий и пятый номера расчетов удерживают стойки крепления защитной сетки из полимерных материалов в вертикальном положении заостренным шнеком к земле, четвертый и шестой номера расчета вставляют монтажные ключи в отверстия для монтажа стоек крепления защитной сетки из полимерных материалов и, оказывая силовое воздействие на рукоять ключа закручивают стойки крепления защитной сетки из полимерных материалов в грунт до достижения требуемого заглубления заостренного шнека до упора; аналогичным образом все шесть номеров расчета устанавливают оставшиеся стойки крепления защитной сетки из полимерных материалов; первый и второй номера расчета, удерживая руками свободные края защитной сетки, намотанной на приспособление для монтажа защитной сетки из полимерных материалов, расходятся в разные стороны по оси установки сборно-разборных снегозащитных конструкций и разматывают ее; третий и четвертый номера расчета закрепляют защитную сетку пластиковыми хомутами на элементах крепления защитной сетки ближней стойки крепления защитной сетки из полимерных материалов относительно приспособления для монтажа защитной сетки из полимерных материалов со стороны первого номера расчета; пятый и шестой номера расчета закрепляют защитную сетку пластиковыми хомутами на элементах крепления защитной сетки ближней стойки крепления защитной сетки из полимерных материалов относительно приспособления для монтажа защитной сетки из полимерных материалов со стороны второго номера расчета; аналогичным образом все шесть номеров расчета закрепляют защитную сетку на оставшихся стойках крепления защитной сетки из полимерных материалов; первый и второй номера расчета закрепляют растяжки одной стороной на элементах крепления защитной сетки приспособления для монтажа защитной сетки из полимерных материалов и стойки крепления защитной сетки из полимерных материалов другой стороной на коле, натягивают растяжки в направлении противоположном оси установки сборно-разборных снегозащитных конструкций и фиксируют их в грунте с помощью кола осуществляя на него силовое воздействие путем совершения нескольких ударов кувалдой до достижения требуемого заглубления в землю; аналогичным образом все шесть номеров расчета осуществляют натяжку и фиксацию оставшихся растяжек и колов; третий номер расчета откручивает фиксируемый шарнир от стальной трубы с резьбовыми отверстиями приспособления для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром, вкручивает его в стальную трубу с резьбовым отверстием приспособления для монтажа защитной сетки из полимерных материалов и устанавливает свободный конец фиксируемого шарнира под прямым углом, относительно приспособления для монтажа защитной сетки из полимерных материалов; четвертый и пятый номера расчета поднимают приспособление для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром с намотанной на него защитной сеткой на уровень установленного фиксируемого шарнира и накручивают приспособление для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром на фиксируемый шарнир; первый, второй и шестой номера расчета вкручивают свободные концы фиксируемых шарниров штанг крепления защитной сетки из полимерных материалов с шарниром в стойки крепления защитной сетки из полимерных материалов и устанавливают их под прямым углом, относительно стоек; третий и четвертый номера расчета, удерживая руками свободные края защитной сетки, намотанной на приспособление для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром, расходятся в разные стороны по оси установки сборно-разборных снегозащитных конструкций и разматывают ее; первый и второй номера расчета закрепляют защитную сетку пластиковыми хомутами на элементах крепления защитной сетки ближней штанги крепления защитной сетки из полимерных материалов с шарниром относительно приспособления для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром со стороны третьего номера расчета; пятый и шестой номера расчета закрепляют защитную сетку пластиковыми хомутами на элементах крепления защитной сетки

ближней штанги крепления защитной сетки из полимерных материалов с шарниром относительно приспособления для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром со стороны четвертого номера расчета; аналогичным образом все шесть номеров расчета закрепляют защитную сетку на оставшихся штангах крепления защитной сетки из полимерных материалов с шарниром; все шесть номеров расчета последовательно ослабляют прижимные фиксаторы всех фиксируемых шарниров, выставляют приспособление для монтажа второго и последующего ярусов защитной сетки из полимерных материалов с шарниром и штанги крепления защитной сетки из полимерных материалов и стоек крепления защитной сетки из полимерных материалов и закрепляют прижимные фиксаторы всех фиксируемых шарниров. Демонтаж сборно-разборных снегозащитных конструкций осуществляется в обратной последовательности.

Таким образом, применение мобильных сборно-разборных снегозащитных конструкций позволит существенным образом улучшить ситуацию на автомобильных дорогах в зимнее время года, и значительно снизит экономическую зависимость государственных органов России от природных катаклизмов.

Список литературы

1. «Запасайтесь незамерзайкой»: многокилометровая пробка растянулась на М-5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://m.74.ru/text/gorod/65501741/> (дата обращения: 23.10.2018).

2. Дождались «День жестянщика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sibdepo.ru/news/dozhdalis-den-zhestyanshhika-iz-za-snega-i-avarij-kemerovo-vstal-v-probkah.html> (дата обращения: 23.10.18).

3. Букатов Д.С. Способ монтажа и демонтажа сборно-разборных снегозащитных конструкций // Патент России № 2666376. 2018. Бюл. № 25.

УДК 621.82

ПРИНЦИПЫ СБОРА ДАННЫХ ОБ ОТКАЗАХ ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

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., д. 13, Kaminskyvy@yandex.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., д. 13, skorohodda@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены принципы сбора статистических данных об отказах и ремонте оборудования транспортных средств с целью получения характеристик надежности технических систем в ходе эксплуатации. Предложена форма карты отказов для сбора необходимой статистической информации. Проанализированы различные методики расчета показателей надежности по данным карты отказов.

Ключевые слова: сбор данных, модель, надежность, объект, оборудование, отказ, характеристики, эксплуатация

THE PRINCIPLES OF DATA COLLECTION EQUIPMENT FAILURES AND METHODOLOGY OF RELIABILITY ASSESSMENT MEANS OF TRANSPORT

*Kaminsky Valery Yu. – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Laboratory
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, Kaminskyvy@yandex.ru

*Skorokhodov Dmitriy Al. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Research-
er Officer*

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skorhodda@mail.ru

***Abstract.** The article deals with the principles of collecting statistical data on failures and repair of equipment of vehicles in order to obtain the characteristics of the reliability of technical systems during operation. The form of the failure map accumulating the necessary statistical information is proposed. Various methods of calculation of reliability indicators according to the failure map are analyzed.*

***Keywords:** data collection, model, reliability, facility, equipment, failure, performance, operation.*

1. Принципы сбора данных об отказах оборудования

Сбор статистических данных об отказах и ремонте оборудования, который выполняет обслуживающий персонал, чаще всего не автоматизирован. Получение объективной представительной статистики о надежности техники в процессе ее эксплуатации затруднено, что объясняется следующими причинами.

1) Отказы могут возникать по вине обслуживающего персонала. Отсюда статистика ведется небрежно, а факты отказов часто скрываются.

2) В отрасли отсутствует единая система сбора и обработки информации о надежности техники. Во многих случаях сбор данных ведется неквалифицированно.

3) Полученная информация не позволяет объективно судить о надежности техники, так как не отражает физической сущности явлений.

Рассмотрим эти вопросы более подробно. При сборе статистических данных об отказах необходимо иметь в виду, что случайной величиной при оценке надежности является время между отказами, а при оценке ремонтпригодности – длительность времени ремонта. Получить эти данные возможно лишь в том случае, если техника работает непрерывно без выключения. Тогда достаточно фиксировать лишь дату отказа.

На – практике же техника, как правило, работает с перерывами, вызванными:

- отсутствием необходимости использования;
- профилактическими мероприятиями;
- ремонтами;
- плохой организацией эксплуатации;
- другими причинами.

При сборе статистических данных об отказах в этих условиях необходимо фиксировать не только дату отказа, но также суммарное время работы между отказами, исключив время нерабочего состояния техники.

Сбор статистических данных об отказах усложняется так же тем обстоятельством, что сложные системы работают в режиме замены отказавших элементов. При этом необходимо фиксировать не только время между отказами, но также учитывать возможность замены в прошлом данного отказавшего элемента. Тогда при заполнении карточки отказов недоста-

точно указать вид отказов, их причину и дату. Необходимо в каждом случае отказа анализировать историю эксплуатации данного устройства. Обслуживающий персонал, при существующей организации эксплуатации и его квалификации подобную работу не выполняет.

Сбор статистических данных о надежности в настоящее время ведется в большинстве случаев не для определения численных характеристик надежности техники, а с целью:

- предъявления рекламаций изготовителям;
- определения слабых мест техники с целью ее доработок;
- оправдания, в случае необходимости, своих действий юридически;
- обоснования необходимого объема запасных частей;
- продления технического ресурса и т.п.

Для этих целей не нужна строгая научно - обоснованная методика сбора данных об отказах элементов, узлов, устройств и систем. Достаточно лишь указать дату, место и причину неисправности или отказа.

При анализе надежности необходимо, чтобы математическая модель функционирования оборудования в процессе его эксплуатации соответствовала реальным условиям эксплуатации объекта. Математические модели в соответствии с теорией надежности строятся в предположении, что достоверно известно время между отказами каждого элемента сложной системы при условии их непрерывной работы. В этом случае можно определить любой показатель надежности.

Рассмотрим эту проблему на примере существующей методики определения интенсивности отказов элементов по эксплуатационным данным.

Интенсивность отказов элементов определяется по формуле [1]:

$$\lambda(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \Delta t}, \quad (1)$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших элементов за время Δt , N_{cp} – среднее число элементов, исправно работающих в интервале Δt .

Интенсивность отказов характеризует надежность невосстанавливаемых устройств только до первого отказа. Поэтому для определения $\lambda(\Delta t)$ необходимо иметь в виду, что отказавшие элементы не должны заменяться исправными.

При отказе сложной системы из-за отказа элемента, вышедший из строя элемент заменяется исправным, и система продолжает эксплуатироваться.

В этом случае среднее число исправно работающих элементов N_{cp} в интервале Δt остается постоянным и равным первоначальному их количеству. Тогда обработка статистических данных по формуле (1) не позволяет рассчитать интенсивность отказов элементов. В этом случае определяется параметр потока отказов (средняя частота отказов) $\omega(t)$, являющийся характеристикой надежности восстанавливаемых систем.

Получив недостоверные данные о надежности элементов, разработчик использует их для оценки надежности вновь проектируемой аналогичной техники. При этом для вычисления показателей надежности сложной системы, используются следующие зависимости:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad T_c = \frac{1}{\lambda_c}, \quad P_c(t) = e^{-\lambda_c t}, \quad K_z = \frac{T_c}{T_c + T_B},$$

где $\lambda_c, T_c, P_c(t)$ – интенсивность отказов, наработка на отказ и вероятность безотказной работы системы; λ_i – интенсивность отказов i -го элемента, полученная по данным эксплуатации; T_B – среднее время восстановления системы; n – число элементов в системе.

Подобные расчеты могут привести к заметным ошибкам, особенно при анализе надежности сложных систем. Во-первых, расчетные формулы не отражают особенностей эксплуатации, во-вторых, параметр потока отказов системы не равен сумме параметров потоков отказов элементов, в-третьих, $\lambda_i(t) \neq \omega_i(t)$.

Отсутствие обоснованных данных о надежности техники:

- затрудняет планирование ее эксплуатации;
- не дает возможности оценить качество и эффективность сложных объектов;
- не позволяет выполнять расчеты надежности в процессе проектирования.

Поэтому создание единой системы сбора и обработки статистических данных об отказах техники является инженерной задачей большой важности.

Получаемые статистические данные об отказах должны:

подтверждать характеристики надежности технических устройств и систем, указанные разработчиком и изготовителем;

– обеспечивать возможность получения показателей надежности элементов, узлов и устройств для их использования в процессе проектирования и производства сложных технических систем;

– быть простыми, не требующими большой работы инженерно-технического персонала, занимающегося эксплуатацией техники.

Выполненный анализ критериев и показателей надежности технических средств объекта, а также сформулированные требования к статистическим данным об отказах и порядке их сбора и обработки позволили разработать карту отказов, для заполнения персоналом, эксплуатирующим технические средства объекта (рис.1).

Тип отказавшего устройства	Из-за какого элемента произошел отказ	Время начала эксплуатации устройства	Дата отказа устройства	Общее время наработки отказавшего элемента от начала эксплуатации устройства	Время наработки устройства от момента последнего восстановления до данного отказа	Время восстановления
1	2	3	4	5	6	7

Рисунок 1 – Карта отказов технических устройств

Данные, зафиксированные в карте, позволяют получить необходимые объективные показатели надежности.

Разработанные методики, алгоритмы и программы получения показателей надежности по данным карты отказов достаточно просты и основаны на методах математической статистики и зависимостях, известных в теории надежности.

Комплекс методик позволяет учесть следующие факторы эксплуатации:

- восстановление отказавших элементов при техническом обслуживании в работоспособной системе;
- вид состояния резерва (нагруженный, облегченный, ненагруженный);
- наличие последствия отказов;
- ограниченное число ремонтных бригад;
- дисциплину обслуживания отказавших элементов;
- произвольные законы распределения времени безотказной работы и времени восстановления элементов.

Общие допущения представляемых методик:

- объект транспорта имеет два возможных состояния – работоспособное и неработоспособное;
- состояние объекта в каждый момент времени однозначно определяется набором состояний всех составляющих его частей;

- функционирование оборудования контролируется непрерывно, т.е. момент отказа элемента (составной части оборудования) обнаруживается немедленно после его возникновения;
- восстановление элемента начинается немедленно после его отказа при наличии свободной ремонтной бригады, обслуживающей данный элемент; при отсутствии свободной ремонтной бригады отказавший элемент становится в очередь на обслуживание;
- ремонт элемента после отказа полностью восстанавливает его свойства по надежности.

Помимо указанных общих ограничений и допущений каждая конкретная методика имеет дополнительные ограничения и допущения.

Для решения задачи оценки надежности необходимы следующие исходные данные:

- перечень элементов исследуемого объекта и структура их соединения в виде надежности-функциональной схемы;
- характеристики безотказности и ремонтпригодности элементов;
- стратегия восстановления отказавших элементов (количество ремонтных бригад, приоритет обслуживания);
- начальное состояние процесса функционирования оборудования;
- время непрерывной работы оборудования.

Методики позволяют вычислять следующие показатели и характеристики надежности объекта:

- вероятность безотказной работы за время $[0, t]$;
- среднюю наработку до отказа T_f ;
- наработку на отказ T ;
- среднее время восстановления T_B ;
- коэффициент готовности K_r ;
- функцию готовности $K_r(t)$ в момент времени t .

Методики и алгоритмы, позволяют разработать расчетные программы, которые в качестве самостоятельных модулей могут быть включены в пакет прикладных программ (ППП) оценки надежности объекта:

- методика и алгоритм расчета надежности типовых структур;
- методика и алгоритм расчета надежности, основанные на интегральном представлении показателей надежности;
- методика и алгоритм, основанные на теории марковских процессов;
- аналитико-статистическая методика и алгоритм оценки надежности систем с большим числом элементов;
- методика и алгоритм оценки надежности систем при произвольных законах распределения.

Рассмотрим более подробно реализацию каждой методики.

2. Методика и алгоритм расчета надежности типовых структур

Методика предназначена для расчета характеристик и показателей надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых типовых структур при экспоненциальных законах времени безотказной работы и времени восстановления элементов [2].

Под типовой структурой будем понимать такое соединение элементов в систему, для которой известны готовые формулы для вычисления ее надежности. К типовым структурам относятся: основное соединение элементов, параллельное соединение при равнонадежных и неравнонадежных элементах с нагруженным, облегченным или ненагруженным резервом, параллельное соединение с последствием отказов, мажоритарное и мостиковое соединение элементов. Результатами расчетов для невосстанавливаемого объекта являются: вероятность безотказной работы и средняя наработка до отказа, для восстанавливаемого объекта – средняя наработка до отказа, среднее время восстановления, наработка на отказ, коэффициент готовности.

Алгоритм расчета включает в себя следующие процедуры.

1) Ввод исходных данных:
– параметры типовых структур;
– числовые значения безотказности и ремонтпригодности элементов рассчитываемой типовой структуры;
– время работы типовой структуры. Задается только в случае расчета вероятности безотказной работы.

2) Ввод массива данных, который содержит интенсивности отказов и интенсивности восстановления элементов типовой структуры.

3) Последними процедурами алгоритма являются:
– данные паспортов;
– проверка возможности расчета показателей надежности и обращение к необходимым формулам;
– расчет показателей надежности в соответствии с выбранными формулами;
– печать результатов расчета.

3. Методика и алгоритм расчета надежности, основанные на интегральном представлении показателей надежности

Методика предназначена для расчета надежности сложного последовательно-параллельного соединения объекта практически с любым числом элементов [3-5] и имеет следующие основные допущения и ограничения:

- законы распределения времени безотказной работы и времени восстановления элементов являются экспоненциальными;
- резервирование осуществляется элементами, идентичными основным элементам;
- отказы элементов возможны лишь во время работы системы;
- восстановление полностью ограниченное, т.е. восстановление осуществляется одной ремонтной бригадой;
- приоритет обслуживания – обратный.

При сделанных допущениях функционирование системы описывается Марковским процессом с конечным числом состояний и графом переходов типа дерева. С увеличением числа элементов в системе число возможных состояний быстро возрастает, что не позволяет построить граф переходов и вычислить вероятности состояний системы даже с помощью ПК. Предлагаемая методика снимает проблему размерности. Она позволяет определять стационарные показатели надежности, такие как наработка на отказ, среднее время восстановления и коэффициент готовности без построения графа переходов и вычисления стационарных вероятностей состояний.

Исходными данными для расчета надежности являются:

- количество последовательно соединенных узлов N ;
- число k_i основных элементов i -го узла;
- число m_i элементов нагруженного резерва i -го узла;
- число l_i элементов ненагруженного резерва i -го узла;
- интенсивность отказов λ_i элементов i -го узла;
- интенсивность восстановления μ_i элементов i -го узла.

4. Методика и алгоритм, основанные на теории Марковских процессов

Методикой, основанной на теории Марковских процессов, считаем расчет характеристик и показателей надежности по линейным дифференциальным уравнениям типа уравнений массового обслуживания [6]. Допустим, что процессы отказов и восстановления объектов являются Марковскими случайными процессами, и, предположим, что законы распределения времени безотказной работы и времени восстановления каждого элемента, входящего в систему, являются экспоненциальными.

Методика позволяет рассчитать надежность невосстанавливаемых и восстанавливаемых, не резервированных и структурно-резервированных систем при любом состоянии резерва (ненагруженном, облегченном, нагруженном), при любом количестве ремонтных бри-

гад и произвольной дисциплине обслуживания. Она обеспечивает вычисление вероятности безотказной работы, средней наработки до отказа, наработки на отказ, среднего времени восстановления, коэффициента и функции готовности объекта.

Исходными данными для расчета являются:

- надежно-функциональная схема;
- интенсивности отказов и восстановлений каждого элемента системы;
- количество ремонтных бригад;
- приоритет обслуживания отказавших элементов;
- начальное состояние процесса функционирования;
- время непрерывной работы системы.

5. Аналитико-статистическая методика и алгоритм оценки надежности объектов с большим числом составных частей

Современный сложный объект, как правило, включает большое число составных частей (элементов), выполняющих различные функции, различные виды резервирования, последствие отказов, разнообразные стратегии обслуживания. Оценка надежности такого объекта с удовлетворительной точностью немыслима без применения вычислительной техники. Аналитико-статистический метод оценки надежности [7] наряду с общими допущениями, наложенными на функционирование объекта, имеет еще дополнительное ограничение, состоящее в экспоненциальном характере законов распределения времени безотказной работы и восстановления всех элементов. Расчет надежности по предлагаемой методике состоит из следующих этапов:

- построение свернутого графа состояний;
- вычисление интенсивностей переходов свернутого графа;
- составление систем линейных алгебраических или дифференциальных уравнений и их решение;
- расчет показателей надежности.

Для высоконадежного объекта методика позволяет оценить точность полученных результатов и указать нижние и верхние граничные значения для наработки на отказ, среднего времени восстановления и коэффициента готовности. Контрольные вычисления показывают, что эти значения достаточно близки между собой, а показатели надежности имеют невысокую погрешность, вполне приемлемую для инженерных расчетов.

6. Методика и алгоритм оценки надежности объекта транспорта при произвольных законах распределения

Анализ надежности объекта, элементы которого имеют неэкспоненциальные законы распределения времени безотказной работы и времени восстановления, как правило, может быть выполнен, если его функционирование представлено в виде соответствующей математической модели. В некоторых случаях удается получить математическое описание функционирования объекта с помощью теории полумарковских процессов (процесс функционирования и обслуживания рассматривается в специально подобранные моменты времени) или многомерных марковских процессов (предполагающих введение дополнительных переменных). Однако возможности применения указанных методов ограничены, поскольку в общем виде на их основе не удастся описать работу восстанавливаемого объекта с учетом структурной избыточности и произвольной программой ремонта.

Применение метода статистического моделирования для получения достоверной оценки надежности сложного объекта требует существенных вычислительных ресурсов, и, для высоконадежного объекта, этот метод может быть реализован не всегда. Известные в настоящее время методы расчета надежности технических систем не позволяют, вообще говоря, указать погрешность, которая удовлетворила бы инженера-практика. Более того, при надлежащем выборе законов распределения показатели надежности, полученные, например, асимптотическими методами, могут совершенно исказить истинное значение даже при дополнительном условии быстрого восстановления элементов. Важным звеном анализа надежности объекта является, в связи с этим, разработка инженерных методов вычисления показателей надежности, имеющих достаточно высокую точность.

Основой таких методов служит возможность математического описания функционирования объекта с произвольными законами распределения элементов с помощью системы интегральных уравнений или эквивалентной системы дифференциальных уравнений в частных производных. Это описание может быть выполнено формальным путем, исходя из структурной схемы расчета надежности или ее словесной характеристики, понятия отказа системы, указания числа ремонтных органов и дисциплины обслуживания отказавших элементов.

Алгоритм вычисления стационарных показателей надежности, основанный на приведенной методике, состоит из следующих этапов:

- ввод исходных данных;
- формирование матрицы состояний и матрицы переходов системы;
- вычисление приближенных значений вероятностей состояний и параметров переходов системы из состояния в состояние;
- вычисление интенсивностей переходов;
- составление и решение системы линейных уравнений, описывающей стационарный процесс функционирования системы;
- расчет показателей надежности и оценка их погрешностей.

Методика позволяет также найти вероятность безотказной работы объекта на начальном и стационарном участках его функционирования.

Список литературы

1. Надежность в технике. Научно-технические, экономические и правовые аспекты надежности / В.В. Володин // Институт машиноведения им. А.А. Благонравова, МНТК "Надежность машин" РАН, 1993. С. 119–123.
2. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Политехника, 2000. 248 с. ВМА им. Н.Г. Кузнецова, СПб.:1997.
3. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Королёв О.А Информационная система поддержки принятия решения при борьбе за живучесть судна // Технологии построения когнитивных транспортных систем. СПб: ИПТ РАН. 2018. С. 93–99.
4. Каминский В.Ю., Скороходов Д.А., Козьмовский Д.В. Комплексная оценка безопасности линейной части магистрального газопровода // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017 . СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 322–327.
5. Александров М.А., Богданов А.Г., Каминский В.Ю., Скороходов Д.А. Надежность изделий судового машиностроения // Морской вестник. 2017. № 4 (64). С. 45–46.
6. Буравлев А.И., Доценко Б.И., Казаков И.Е. Управление техническим состоянием динамических систем. М.: Машиностроение, 1995. 240 с.
7. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А., Монастырский М.Л. Теоретические основы информационно – статистического анализа сложных систем. СПб.: Лань, 1997. 319 с.

УДК 658.3.07; ГРНТИ 73.01.75

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСТАЛОСТИ СУДОВОГО СПЕЦИАЛИСТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ НЕСЕНИЯ ВАХТЫ

Кукуи Фирмин Дживо – кандидат технических наук, ведущий инженер управления по транспортному обеспечению ООО «Газпром нефть шельф»
183038 Мурманск, ул. Карла маркса д.19. stefkukui@mail.ru.

Скороходов Дмитрий Алексеевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

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

Аннотация. В работе исследуется влияние усталости вахтенного специалиста на эффективность организационно-технической системы несения вахты. Составлена математическая модель «накопления усталости – эффект» у вахтенного специалиста на рабочем месте.

Ключевые слова: Человеческий элемент, компетентность, культура, усталость, экстремальная ситуация, эффективность управления, авария, психологический фактор.

EVALUATION OF FATIGUE'S EFFECT OF THE SHIP SPECIALIST ON THE EFFECTIVENESS OF WATCH KEEPING SYSTEM

Kukui Firmin Dzhivo – candidate of technical sciences, leading engineer of the procurement department of Gazprom нефт shelf LLC

183038 Murmansk, 19, Karl Marx street. Russian Federation, stefkukui@mail.ru.

Skorokhodov Dmitriy A. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Chief Researcher Officer

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, skorhodda@mail.ru

Abstract. The paper studies the fatigue effect of the ship specialist on the effectiveness of watchkeeping organizational and technical system. A mathematical model of "fatigue accumulation – effect" of a ship specialist in the workplace is made.

Keywords: Human element, competence, culture, fatigue, extreme situation, management efficiency, accident, psychological factor.

Из анализа морских аварий и катастроф, произошедших за последние годы, однозначно следует, что большинство этих аварий произошло вследствие «человеческого фактора». Все более очевидным становится необходимость учета всех разновидностей факторов, определяющих поведение «человеческого элемента» при несении ходовой вахты. К таковым следует относить в первую очередь: общение, компетентность, культуру, опыт, усталость, здоровье, ясное понимание ситуации, действия в экстремальных ситуациях.

В настоящее время реализация требований по поддержанию безопасности плавания судна сопровождается массовым внедрением большого количества технических средств, вычислительных комплексов, устройств наглядного отображения информации и систем управления. Главная цель, которая преследуется при этом, повышение эффективности управления состоянием безопасности. Достижение требуемого уровня безопасности плавания в значительной мере зависит от подготовленности судового экипажа к использованию внедряемых средств и систем управления, от уровня организации взаимодействия с ними судоводителя.

Успешное решение проблемы согласования технического и психологического факторов в системе несения вахты, а также восприятия информации и результатов этой обработки судоводителем, можно найти лишь при комплексном подходе. Поэтому составленная математическая модель «накопления усталости – эффект» у вахтенного специалиста на рабочем месте, можно считать актуальным, и обладающим элементами существенной научной новизны и практической значимости.

Математическая модель «накопления усталости – эффект» у вахтенного специалиста на рабочем месте

Для формирования математической модели описывающей феномен усталости судового специалиста из состава судовой вахты зафиксируем его рабочее место судового специалиста в том случае, когда его профессиональный «портрет» почти не совпадает с требованиями рабочего места. Пусть далее феномена усталости судового специалиста из состава судовой вахты образуется в результате суммирования негативных последствий от несоответствия между профессиональным портретом специалиста и требованиями рабочего места, не-

благополучной психологической атмосферы на рабочем месте, отсутствия четкой организации и планирования обязанностей, нехватки ресурса, наличия конфликтов в вахтенном коллективе. Тогда процесс накопления усталости у судового специалиста из состава вахтенной службы, можно представить как Марковскую цепь с конечным набором состояний $\{0, 1, 2, \dots, n-1, n\}$. Процесс накопления усталости должен начинаться из 0 и заканчивается попаданием в поглощающее состояние n , в котором в результате накопления усталостных последствий уже фиксируется феномен профессиональной деформации, выраженный, например, в заторможенности при исполнении команд.

Пусть далее $Q = \|q_{ij}\|$ – инфинитезимальная матрица процесса, описывающая переходы между непоглощающими состояниями судового специалиста. Переходную матрицу Марковской цепи формально можно записать при помощи матричной экспоненты:

$$P(t) = \|P_{ij}(t)\| = \exp Qt.$$

Пусть далее T – случайная величина, равная интервалу времени до момента поглощения (время обнаружения эффекта усталости у специалиста). Тогда под кривой вида «накопление усталости – эффект» можно понимать зависимость вероятности не поглощения от времени:

$$S(t) = \mathfrak{R}(T > t) = \sum P_{0i}(t),$$

где суммирование осуществляется по не поглощающим состояниям Марковской цепи.

В общем виде кривую «накопление усталости – эффект» можно характеризовать следующими параметрами: $M\{T\}$ – среднее время пребывания в не поглощающих состояниях; $D = D\{T\}$ – дисперсия той же величины; l – минимальное по модулю собственное значение матрицы Q .

Легко видеть, что при отсутствии кратных собственных значений

$$S(t) : C \exp - \lambda t, \text{ при } t \rightarrow \infty$$

причем параметры l , τ , D математической модели могут быть идентифицированы по экспериментальным кривым «накопление усталости – эффект». Кроме того, параметры могут быть выражены через элементы матрицы Q .

Так введем и используем обратную матрицу вида

$$\|t_{ij}\| = -Q^{-1},$$

где t_{ij} есть среднее время пребывания кривой «накопление усталости – эффект» в состоянии j , исходя из состояния i [1].

Не трудно заметить, что

$$t = \int_0^\infty S(t) dt = \sum t_{0i}; D = 2 \int_0^\infty S(t) t dt - t_2 = 2 \sum t_{0i} t_{ij} - t_2.$$

Определим, какие значения могут принимать параметры Марковской цепи и в частности минимальная продолжительность накопления эффекта от усталости судового специалиста на рабочем месте, которая приводит к появлению заторможенности при выполнении команд, поступающих по властной вертикали, если допустить, что величины τ , D , и l иден-

тифицированы по эмпирической зависимости «накопление усталости - эффект» и являются заданными.

Рассмотрим вопрос о числе состояний Марковского процесса, в которых побывает процесс накопления усталости на рабочем месте судового специалиста из состава ходовой вахты до момента фиксации у него эффекта заторможенности при принятии и выполнения команды. Очевидно, что такое число состояний можно неограниченно увеличивать, изменяя цепь так, чтобы кривая «накопление усталости – эффект» оставалась неизменной. Другими словами речь может идти лишь о получении соответствующей нижней временной границы.

Известно явное выражение для среднего числа различных состояний, в которых побывает Марковская цепь до момента поглощения, которое можно записать так [2]:

$$M\{\mu\} = 1 + \sum_{i \neq 0} f_{0i} = \sum_i \tau_{0i} / \tau_{ii},$$

где $f_{0i} = \tau_{0i} / \tau_{ii}$ – вероятность хотя бы одного попадания в состояние i , исходя из состояния 0.

Легко видеть, что $\tau_{ii} \leq 1/\lambda$, тогда

$$M\{\mu\} \geq \lambda \sum_i \tau_{0i} = \lambda \tau.$$

Другая оценка для математического ожидания $M\{\mu\}$ определяется неравенством вида

$$D \geq \sum_i \tau_{0i} \tau_{ii} \quad (1)$$

Действительно, в силу выпуклости функции $x-1$ имеем

$$M\{\mu\} = \sum_i \tau_{0i} \tau_{ii} = (\sum_i \tau_{0i})^2 / \sum_i \tau_{0i} \tau_{ii} \geq \tau_2 / D.$$

Неравенство (2.1) можно получить, если привлечь случайную величину вида:

$$\xi_i = \begin{cases} 1, & \text{если процесс, хотя бы раз, попадает в состоянии } i \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Пусть далее $K(\xi_i, \xi_j)$ – ковариация величин ξ_i . Тогда справедлива формула:

$$D = D\{T\} = \sum_{i,j} P(i \text{ Ъ } j) \tau_{ij} ; \quad \tau_{ji} = \sum_{i,j} K(\xi_i, \xi_j) \tau_{ij} \tau_{ji},$$

где $P(i \text{ Ъ } j)$ – вероятность хотя бы одного попадания в состояние i или в состояние j .

В силу положительной определенности матрицы $\|K(\xi_i, \xi_j)\|$ имеем [4]

$$D \geq \sum_{i,j} P(i \text{ Ъ } j) \tau_{ij} \tau_{ji} \geq \sum_i f_{0i} \tau_{ii} \cdot 2 = \sum_i \tau_{0i} \tau_{ii}.$$

Коэффициент изменчивости $\tau_2 / D = S$ в этом случае можно назвать крутизной кривой «накопление усталости – эффект», а учитывая этот коэффициент, окончательно получим условие, записанное так:

$$M\{\mu\} \geq \max\{\lambda, \tau, S\}. \quad (2)$$

Здесь следует обратить особое внимание на то, что полученное неравенство (2) является не улучшаемым в классе рассматриваемых параметров.

Таким образом, в рамках составленной модели представляется возможным разработать меры по предупреждению или даже устранению эффекта усталости у судового специалиста из состава вахтенного коллектива на его рабочем месте. Так если по эмпирическим данным получить зависимость «накопление усталости – эффект», то, идентифицируя параметры этой кривой l, τ, D , можно определить число состояний Марковского процесса, в которых будет пребывать процесс накопления усталости на рабочем месте у судового специалиста до момента появления этого эффекта.

Составленная модель динамики эффекта от усталости судового специалиста на рабочем месте показывает, что наиболее доступным средством борьбы с этим эффектом является снижение скорости прихода состояния судового специалиста в точку поглощения Марковского процесса, путем согласования возможностей «человеческого элемента» и требований рабочих мест на судне. Сформулируем общие принципы решения задачи согласования психофизических возможностей «человеческого элемента» и требований к нему, рабочими местами.

С психофизической стороны каждый судовой специалист может быть охарактеризован оценками из некоторой группы критериев, выбранных как судовой администрацией, так и высшим руководством компании. С другой стороны, каждое рабочее место, нуждающееся в специалисте, выдвигает ряд требований к нему, таких, например, как вид деятельности, уровень профессиональной квалификации и т. д.

Тогда очевидно, что производительность труда на рабочем месте судового специалиста в рамках отношения «накопление усталости – эффект» будут определяться тем, насколько возможности судового специалиста, отраженные в его характеристиках, были учтены при составлении вахтенного расписания.

В качестве принципиальных и отличительных черт рассматриваемой задачи следует отметить следующие особенности. Так каждый «портрет» судового специалиста и каждый «портрет» судового рабочего места могут быть определены с помощью вектора оценок из некоторой совокупности заданных критериев. Как отмечено выше критерии оценки качества судового специалиста и требований рабочего места должны обладать «зеркальным» характером. Причем одному (или нескольким) критерию, характеризующему требования, предъявляемые рабочим местом, должен соответствовать один (или несколько) критериев, характеризующих психофизические возможности судового специалиста.

Важной особенностью при учете эффекта от усталости судового специалиста является наличие лица принимающего окончательное решение (вахтенного помощника капитана). Однако его роль в данной задаче иная, чем в обычных задачах принятия индивидуальных решений. В типичных задачах принятия решений на основе предпочтений вахтенный помощник принимает решение в рамках понятий лучшей или худшей альтернативы. При этом выбор альтернативы определяется субъективной моделью принятия решений, присущей только этому вахтенному помощнику. В данном случае лицо, составляющее судовое расписание (старший помощник капитана, старший механик), не может не учитывать способность к выполнению работ судовым специалистом, с качеством, определенным в его характеристике.

Пусть в судовых условиях сложилась ситуация, когда все рабочие места (объекты) и специалисты (субъекты) можно разбить попарно так, что:

- для каждого субъекта требования «своего» объекта точно соответствуют его возможностям, а требования других не соответствуют;
- для каждого объекта «свой» субъект полностью удовлетворяет его требованиям, а прочие не удовлетворяют.

Тогда будет иметь место совокупность очевидных назначений, состоящих из наиболее близких пар «объект – субъект» и капитан судна должен признать такие назначения, выполненные своими начальниками служб наилучшим решением задачи, хотя при этом он никак не участвует в ее решении. Отношение капитана к решаемой задаче можно сформулировать следующей фразой: «Я не вмешиваюсь, если все устроится само собой наилучшим образом».

Современная практика назначений судовых специалистов в большей степени базируется на субъективном подходе к оценкам профессиональных навыков у претендентов на занятие рабочих мест, а феномен усталости при составлении штатных расписаний вообще не учитывается. Поэтому в идеальной по персоналу системе вахтенной службы не исключены случаи появления вахтенных специалистов, обладающих феноменом «накопление усталости – эффект».

Тогда ошибочное восприятие команды или заторможенность при исполнении этой команды может привести к сбою в идеальной по персоналу системе несения вахты, а такой сбой в свою очередь способен спровоцировать аварийный случай. Модель процесса превращения профессиональной деформации вида «накопление усталости – эффект» в аварийный случай представлен на рисунке (рис.1).

От сбоев в функционировании идеальной по персоналу системы несения вахты не страхуют современные информационные и экспертные системы, которыми оснащаются рабочие места вахтенных специалистов. В этих системах при обеспечении безопасности осуществляется непрерывное повышение плотности потока поступающих данных, растет скорость их обработки. Кроме того, практически на судах осуществлен переход от аналоговых устройств к цифровым устройствам обработки информации, что еще более упрощает работу судового специалиста. В результате внедрения этих технологий повышается оперативность решения задач при одновременном снижении его психофизиологических затрат в процессе их выполнения.

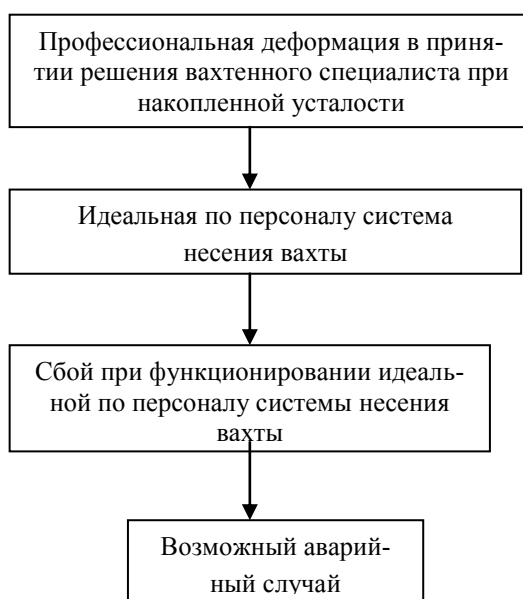


Рисунок 1 – Модель сбоя в идеальной по персоналу системе несения вахты

Заключение

На первый взгляд внедрение новых технологий на рабочих местах вахтенных специалистов в какой-то мере снимает проблему профессиональной деформации вида «накопленная усталость – эффект». Однако существенным недостатком используемых в настоящее время судовых информационных и экспертных систем является отсутствие в них возможности представления данных оператору в том случае, когда поступающие сообщения принимаются в условиях низкого соотношения полезной мощности информационного сигнала к суммарной мощности действующих на приемник системы помех. В этих ситуациях инфор-

мационные и экспертные системы либо игнорируют такие сигналы, либо в лучшем случае посылают в адрес источника данных сообщений запрос об их повторе, что в свою очередь способствует развитию профессиональной деформации вида «накопление усталости – эффект».

Неизбежность влияния эффекта усталости на функционирование идеальной по персоналу системы несения ходовой вахты требует вероятностной оценки появления сбоя, обусловленного профессиональной деформацией вида «накопленная усталость – эффект» хотя бы у одного судового специалиста на его рабочем месте при несении ходовой вахты.

Список литературы

1. Катенин В. А. Навигационное обеспечение судовождения / В. А. Катенин, В. И. Дмитриев. Москва: Академкнига. 2006. 372 с.
2. Меньшиков В. И., Глущенко В. М., Анисимов А. Н. Элементы теории управления безопасностью судоходства. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2000. – 242 с.
3. Основные процессы в структурах безопасной эксплуатации судна / Ф. Д. Кукуи, Н. А. Анисимов, А.А. Анисимов; под общ ред В. И. Меньшикова. Мурманск: Изд-во МГТУ. 2008. 185 с.
4. Методы разрешения нештатных ситуаций при управлении судовыми технологическими процессами / С.И. Позняков, В.И. Меньшиков. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2017. 184 с.
5. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДМНВ–78) (консолидированный текст): с поправками = International convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 1978 (STCW 1978), as amended (consolidated text). СПб: ЦНИИМФ. 2016. 824 с.
6. Ключко Д. В. Надежность разрешения проблемных ситуаций при управлении состоянием безопасности судна/ Д. В. Ключко, И. А. Рамков, В. И. Меньшиков. // Журнал университета водных коммуникаций. 2011. Вып. 111(XI). С. 110–112.
7. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод / В. И. Меньшиков, А. Н. Суслов, В. В. Шутов; под ред. В. И. Меньшикова. Мурманск: Изд-во МГТУ. 2013. 186 с.
8. Кукуи Ф.Д., Скороходов Д.А., К вопросу об обеспечении безопасности судна судоводителем // Москва: Научный журнал «Наука и транспорт». 2012. №2. С. 30–33.
9. Кукуи Ф.Д. Модель и механизм побуждения к реализации безопасных технологий при эксплуатации судов компании. Морские интеллектуальные технологии. 2016. Том 1. № 1 (31). С. 49–53.

УДК 629.077

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ ТС НА ИЗМЕНЕНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В СОСТОЯНИИ АЛКОГОЛЬНОГО ОПЬЯНЕНИЯ

Стёпина Полина Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры наземных транспортно-технологических машин

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190003, Россия, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4, ramallia@mail.ru

Подопригора Николай Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры наземных транспортно-технологических машин

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4, n.v.podoprigora@gmail.com

Марусин Алексей Вячеславович – кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры технической эксплуатации транспортных средств

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

190003, Россия, Санкт-Петербург, 2-ая Красноармейская ул., д. 4, 89312555919@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию психофизиологического состояния водителей транспортных средств(ТС) при экспертизах дорожно-транспортных происшествий(ДТП). Цель написания статьи – публикация результатов исследований времени реакции и объема зрительного восприятия водителей в состоянии алкогольного опьянения. С помощью программно-аппаратного комплекса психофизиологических параметров водителей (ПАКПФ-02) экспериментально получены значения времени простой реакции водителя в работоспособном состоянии и в состоянии алкогольного опьянения (0,3 ‰, 0,5 ‰), объема зрительного восприятия водителей. Выведено и научно обосновано влияние различных степеней алкогольного опьянения на время реакции водителя, влияющее на своевременную техническую возможность предотвращения ДТП.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие; время реакции водителя; состояние алкогольного опьянения; экспертиза.

DETERMINATION DRIVER'S REACTION TO THE ENVIRONMENTAL CHANGES IN ALCOHOLIC INTOXICATION

Stepina Polina A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of land transport technological vehicles

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, pamallia@mail.ru

Podoprigora Nickolay V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of land transport technological vehicles

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, n.v.podoprigora@gmail.com

Marusin Alexey V. – Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer, Department of technical maintenance of transport vehicles

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

2nd Krasnoarmeyskaya str., 4, St. Petersburg, 190005, Russian Federation, 89312555919@mail.ru

Abstract. The article is devoted to investigation of the psychophysiological state of the driver in the investigation of traffic accidents. The aim of this article is to publish results of analysis driver's reaction time and volume of visual perception while intoxicated. The drivers reaction time, the volume of visual perception in working order or in the state of alcohol intoxication (0,3 ‰, 0,5 ‰), were experimentally obtained by using software-hardware complex of psychophysiological parameters of drivers(SHCPPD-02). An influence of different levels of alcholic intoxication on driver's reaction time, influencing the timely prevention of road traffic accidents has been calculated and substantiated.

Keywords: road traffic accident; driver's reaction time; alcohol intoxication; examination.

Реакцией человека называют подсознательный процесс, который в большинстве случаев проявляется в экстренных ситуациях. Все человеческие эмоции и чувства, составляют своеобразную реакцию человека, которую можно измерить с помощью специализированной

аппаратуры. Выходным параметром таких измерений является время реакции человека. В дорожной среде дифференцированное значение времени реакции является единственным измерителем психофизиологических качеств водителя транспортного средства. Как показывает практика расследования ДТП, данный параметр определяется не опытным путем, а с помощью табличных значений, полученных более тридцати лет назад, что безусловно является неприемлемым [16–20]. В исследованиях ДТП значение данного параметра может значительно повлиять на выводы эксперта, тем самым определить виновность или невиновность водителя, возможность или невозможность предотвратить ДТП. Следовательно, исследование времени реакции водителя представляется целесообразным и требует к своему изучению должного внимания [1–4].

Как известно, состояние алкогольного опьянения является добровольно выбранным водителем патологическим состоянием, которому свойственны неврологические и психофизиологические расстройства нервной системы человека, нанесенные этиловым спиртом [13, 14].

Согласно действующим документам, возможная разрешенная суммарная погрешность измерений в 0,16 миллиграмма на один литр этилового спирта в выдыхаемом воздухе, что примерно равно 0,36 ‰ содержания алкоголя в крови. Таким образом, в России, при управлении транспортным средством, допускается вышеуказанное содержание алкоголя в крови, поскольку в вышеуказанных степенях алкогольного опьянения водителя отсутствуют значения от 0 ‰ до 0,5 ‰ [13, 14].

Проведенный анализ показал, что исследований влияния содержания алкоголя в крови менее 0,5 ‰ на действия водителя транспортного средства ранее не проводилось, так как указанное выше значение в нормативной документации, действующей на территории РФ, принято в качестве нижней допустимой границы.

Таким образом, была поставлена научная задача получить реальные значения времени простой и сложной реакций водителя с целью определения качества восприятия водителя дорожной среды при различных степенях алкогольного опьянения [1, 5, 14].

Для решения поставленной задачи был применен программно-аппаратный комплекс психофизиологических параметров водителей «ПАКПФ-02». Его технические возможности позволяют определять точные значения ВРЕМЕНИ реакции водителя, а также исследовать особенности ЕГО психофизиологии и психомоторики, необходимые в том числе при расследованиях ДТП. Программно-аппаратный комплекс «ПАКПФ-02» включает в себя методики, позволяющие оценивать профессиональные качества водителя. Согласно разработанному алгоритму, авторами были проведены исследования реакции в работоспособном состоянии и различных стадиях опьянения человека [1, 2].

Экспериментальные исследования для каждого испытуемого определенной категории проводились в следующих состояниях:

- в работоспособном состоянии;
- в состоянии алкогольного опьянения 0,3 ‰ (т. е. 0,3 грамма этилового спирта на 1 литр крови – мг/л или до 0,15 миллиграмма на 1 литр выдыхаемого водителем воздуха);
- в состоянии алкогольного опьянения 0,5 ‰ (т. е. 0,5 мг/л или до 0,225 миллиграмма на 1 литр выдыхаемого воздуха).

Согласно формуле 1 были рассчитаны показатели времени реакции водителя, приведенные в таблице 1.

$$T_1 = T_{ПВ} + T_{ПР} + T_P \quad (1)$$

где T_1 – время реакции водителя, с; $T_{ПВ}$ – время перевода взгляда на объект, с.; $T_{ПР}$ – время принятия решения, с.; T_P – время простой реакции, с.

В таблице 1 представлены результаты времени простой реакции водителя в работоспособном состоянии, а также в состоянии алкогольного опьянения (0,3 ‰, 0,5 ‰). Выборка осуществлялась по возрастному критерию с интервалом в пять лет и по половой принадлежности испытуемого.

Таблица 1 – Результаты времени простой реакции водителя в работоспособном состоянии

Возраст, лет	Пол	В работоспособном состоянии	В состоянии алкогольного опьянения	
			0,3 ‰	0,5 ‰
18-20	м	0,67	0,86	0,89
	ж	0,74	0,84	0,88
21-25	м	0,67	0,86	0,90
	ж	0,69	0,91	0,97
26-30	м	0,69	0,80	0,83
	ж	0,69	0,84	0,87
31-35	м	0,69	0,89	0,91
	ж	0,78	0,81	0,86
36-40	м	0,79	0,89	0,92
	ж	0,79	0,90	1,03
41-45	м	0,79	1,03	1,18
	ж	0,77	0,99	1,06
46-50	м	0,83	1,09	1,15
	ж	0,85	1,17	1,19
51-60	м	0,87	1,09	1,16
	ж	0,95	1,21	1,27

На основании полученных результатов, можно сделать вывод, что состояние алкогольного опьянения в 0,3 ‰ (0,3 грамма этилового спирта на 1 литр крови — мг/л или до 0,15 миллиграмма на 1 литр выдыхаемого воздуха) так же негативно воздействует на восприятие водителя дорожной ситуации при его движении по дороге, как и состояние алкогольного опьянения в 0,5 ‰. Стоит отметить, что в ночное время суток время реакции водителя увеличивается в среднем на 20 – 30 % по сравнению с полученными данными.

В ходе проведения экспериментов были получены средние значения объема зрительного восприятия испытуемых водителей, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Зрительное восприятие человека

Возраст, лет	Пол	В работоспособном состоянии	В состоянии алкогольного опьянения	
			0,3 ‰	0,5 ‰
18-20	м	85	84*	82*
	ж	81*	77*	75*
21-25	м	88	84*	81*
	ж	86	80*	79*
26-30	м	87	84*	82*
	ж	82*	77*	75*
31-35	м	89	86	84*
	ж	84*	76*	73*
36-40	м	90	87	84*
	ж	79*	75*	73*
41-45	м	78*	76*	70*
	ж	76*	74*	69*
46-50	м	75*	72*	67*
	ж	72*	68*	62*
51-60	м	71*	70*	68*
	ж	69*	65*	60*

* - значения, превышающие допустимый предел

Анализируя полученные результаты, удалось выявить, что не у всех возрастных категорий значения объема зрительного восприятия соответствуют норме даже в работоспособном состоянии. В то время, как при разрешенном незначительном алкогольном опьянении данный показатель изменяется, что свидетельствует о снижении способности воспринимать дорожную обстановку, разметку, светофоры, знаки и прочие объекты при движении транспортного средства. Выявленный в ходе проведения исследований факт, можно рассматривать как критический, поскольку речь идет об обеспечении безопасности дорожного движения.

В ходе проведения дальнейших исследований были получены значения пройденных расстояний за измеренное в ходе экспериментов время реакций водителя для мужчин возрастной категории 26-30 лет (табл. 3).

Таблица 3 – Зависимость скорости движения транспортного средства от времени реакции водителя в различных состояниях

Скорость движения ТС, (км/час)	Пройденное расстояние при времени реакции водителя в работоспо- собном состоянии, м	Пройденное расстояние при времени реакции водителя в состоянии алкогольного опь- янения, с	
		0,3 ‰	0,5 ‰
10	3,25	3,55	3,65
20	7,62	8,23	8,40
30	13,13	14,05	14,30
40	19,77	20,99	21,33
50	27,54	29,07	29,49
60	36,45	38,28	38,78
70	46,48	48,62	49,20
80	57,64	60,09	60,75
90	69,94	72,69	73,44
100	83,37	86,42	87,26
110	97,93	101,29	102,20

Проведя анализ полученных результатов, можно сделать вывод о том, что если рассматривать время реакции водителя транспортного средства в опасной для него ситуации, то его восприятие может оказать влияние на безопасность не только людей, но и происходящих вокруг процессов и объектов [6–11].

Применение результатов на практике показало, что если рассматривать одного водителя в работоспособном состоянии и в состоянии алкогольного опьянения с 0,3‰, то при одинаковых обстоятельствах (например, при скорости движения автомобиля 60 км/ч и внезапном возникновении опасности), первому понадобится порядка 36,5 метров, чтобы остановить транспортное средство и избежать ДТП, в то время как второй водитель сможет остановить транспортное средство только примерно через 38,3 метра. В реальной сложившейся ситуации разница практически в 2 метра будет являться решающим фактором, т.е. в первом случае водитель сможет избежать ДТП, а второй нет.

Список литературы

1. Стёпина П.А. Автотехническая экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учеб. пособие / сост.: П.А. Стёпина, Е.В. Тюлькин, Н.В. Подопригора. СПб: СПбГАСУ. 2018. 233 с.
2. Подопригора Н.В., Добромиров В.Н., Стёпина П.А. Методика оценки влияния влаги в тормозной жидкости на эффективность срабатывания тормозной системы // Вестник гражданских инженеров. 2018. №3 (68). С. 179–183.

3. Подопригора Н.В. Добромиров В.Н., Стёпина П.А. Методика оценки влияния качественного состояния тормозной жидкости на эффективность срабатывания тормозной системы при экспертизе ДТП // Транспорт России: проблемы и перспективы. – 2017. СПб: ИПТ РАН. 2017. С.414–417.
4. Подопригора Н. В., Стёпина П.А. Уточнение традиционной методики вычисления остановочного пути // Актуальные проблемы безопасности дорожного движения. СПб: СПбГАСУ. 2012. С. 121–123.
5. Стёпина П.А. Инженерно-психологическая (ситуационная) экспертиза / П.А. Стёпина, Е.В. Тюлькин. СПб: ООО «Мегатэк плюс». 2014. 68 с.
6. Podoprighora, N., Dobromirov, V., Pushkarev, A., & Lozhkin, V. (2017). Methods of assessing the influence of operational factors on brake system efficiency in investigating traffic accidents. Paper presented at the Transportation Research Procedia, 20 pp.516-522. doi:10.1016/j.trpro.2017.01.084 Retrieved from www.scopus.com www.science-education.ru/102-6096 (дата обращения 22.09.2018).
7. Kerimov, M., Safiullin, R., Marusin, A., & Marusin, A. (2017). Evaluation of functional efficiency of automated traffic enforcement systems. Paper presented at the Transportation Research Procedia, 20 pp.288-294. doi:10.1016/j.trpro.2017.01.025 Retrieved from www.scopus.com www.science-education.ru/102-6096 (дата обращения 22.09.2018).
8. Seliverstov, Y. A., Seliverstov, S. A., Komashinskiy, V. I., Tarantsev, A. A., Shatalova, N. V., & Grigoriev, V. A. (2017). Intelligent systems preventing road traffic accidents in megalopolises in order to evaluate. Paper presented at the Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017, 489-492. doi:10.1109/SCM.2017.7970626 Retrieved from www.scopus.com www.science-education.ru/102-6096 (дата обращения 22.09.2018).
9. Подопригора Н.В. Определение параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции и экспертизе ДТП // Мир транспорт и технологических машин. 2015. №1 (48). С.93–102.
10. Подопригора Н.В. Влияние дополнительных факторов на время срабатывания тормозной системы транспортного средства при вычислении остановочного пути // Современные проблемы науки и образования. 2012. №2. URL: www.science-education.ru/102-6096 (дата обращения 22.09.2018).
11. Евтюков, С. А., Подопригора Н.В. Совершенствование методики вычисления остановочного пути // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 4 (33). С. 214–219.
12. Подопригора, Н. В. Совершенствование методики определения тормозных параметров при реконструкциях ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 6 (35). С.143–150.
13. Евтюков С.А. Эффективность оценки человеческого фактора при расследовании дорожно-транспортных происшествий // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: 8-я междунар.конф. СПб: СПбГАСУ. 2008. С. 387–389.
14. Евтюков С.А., Стёпина П.А. Расследование, реконструкция и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: метод.указания к курсовой работе / сост.: С.А. Евтюков, П.А. Стёпина. СПб: СПбГАСУ. 2014. 32 с.

СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 656

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РФ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ

Бардулин Евгений Николаевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой управления и интегрированные маркетинговые коммуникации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, bardulin.e@igps.ru

Жуков Иван Федорович – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, ivan-zhukov-1995@mail.ru

Сергушов Максим Алексеевич – адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, sergushov94@bk.ru

Аннотация. В статье рассмотрены определения понятия «транспортная безопасность» и раскрыты ее составляющие. Даны разъяснения по направленности и характеру мероприятий по обеспечению транспортной безопасности. Описаны виды основных угроз на транспорте, а также показаны источники угроз. Предложена концепция действий для улучшения состояния транспортной безопасности.

Ключевые слова: национальная безопасность, экономическая безопасность, транспортная безопасность, транспортный комплекс, угрозы на транспорте, транспортная система, внутренние и внешние источники угроз, нормативно-правовая база.

SAFETY OF TRANSPORT SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION. DEFINITION, MAIN TASKS AND POSSIBLE WAYS TO SOLVE SOME PROBLEMS

Bardulin Evgeny N. – Doctor of Economic Sciences, Head of Department Management and Integrated Marketing Communications

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, bardulin.e@igps.ru

Zhukov Ivan F. – Graduate of the faculty of training highly qualified personnel

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, ivan-zhukov-1995@mail.ru

Sergushov Maxim A. – Graduate of the faculty of training highly qualified personnel

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, sergushov94@bk.ru

Abstract. The article discusses the definition of the concept of "transport safety" and disclosed its components. Explanations are given on the direction and nature of measures to ensure

transport security. It describes the types of major threats to transport, as well as the sources of threats. The concept of action to improve the state of transport security is proposed.

***Keywords:** transport security, transport complex, transport threats, internal and external sources of threats, regulatory framework.*

В настоящее время понятие транспортной безопасности преимущественно трактуется как состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства [1]. Под незаконным вмешательством чаще всего понимается противоправное действие (бездействие), в т.ч. террористический акт (далее теракт), угрожающий безопасности транспортной системе в целом. Терроризм в наши дни стал общественно-политической проблемой номер один, поскольку его масштабы приобрели поистине глобальное значение. Россия в борьбе с терроризмом прилагает все силы, чтобы избежать опасных и непредсказуемых последствий, которые уже переживает человечество. Повышенные опасения вызывает терроризм на транспорте из-за большой сложности в организации контроля объектов массового скопления людей. Примером тому служат взрывы в Петербургском, Московском и других мировых метрополитенах, и транспортных системах, последствием которых стали человеческие жертвы, а также колоссальный материальный ущерб. Следует понимать, что защита личности, общества и государства от терроризма, провозглашенная в настоящее время в качестве приоритетной задачи государства, это всего лишь некоторая часть проблематики обеспечения транспортной безопасности страны в целом. В рамках обеспечения транспортной безопасности принимаются меры по защите от иных форм незаконного вмешательства, а также предупреждение различных чрезвычайных ситуаций. По мнению авторов Скубака Н.Ю и Норсеевой М.Е. понятие транспортная безопасность – это система законов, подготовительных работ и мероприятий, направленных на выявление, предупреждение и противодействие преступлениям, включая терроризм, в транспортной сфере, система мер на транспорте направленная на предупреждение и противодействие происшествиям природного и техногенного характера, система снижения ущерба от чрезвычайных происшествий, система повышающая экологическую безопасность перевозок, система воплощения целей и задач идеи национальной безопасности в транспортном комплексе в целом [2].

Понятие транспортной безопасности является системным и требует системного подхода для решения проблем и задач в этой области.

Система транспортной безопасности должна устанавливать требования и определять комплексы мер для обеспечения: безопасности для жизни и здоровья пассажиров, перевозки грузов и багажа, безопасности на объектах инфраструктуры и средствах транспорта, экономической, экологической, информационной, пожарной, санитарной, химической, бактериологической, ядерной, и радиационной безопасности, экстренную готовность транспортного комплекса к противодействию угрозе или минимизации ущерба.

Большой масштаб проблематики обуславливает сложность соблюдения и контроля принятых решений в масштабе страны. Зависимость от причин природного, технического и социального характера, а также широкий спектр внутренних и внешних угроз снижает эффективность транспортной безопасности.

Система транспортной безопасности России рассматривает следующие основные виды угроз:

- террористические и диверсионные акции;
- другие акты незаконного вмешательства в работу транспортной системы, угрожающие жизни или здоровью пассажиров, наносящие непосредственный ущерб транспортной системе или порождающие негативные социально-политические, экономические, психологические последствия;
- криминальные действия против пассажиров и грузов;
- чрезвычайные происшествия, обусловленные техническим состоянием транспортных систем, нарушением правил эксплуатации транспорта и взаимодействующего с ним систем, а также природными факторами [3].

Угрозу представляет и недостаточно проработанная нормативно-правовая база отношений в транспортной сфере, а также недостатки в практической реализации разработанных мероприятий.

Система транспортной безопасности России рассматривает следующие основные виды источников угроз:

- угрозы социогенного характера;
- угрозы техногенного характера;
- угрозы природного характера.

Источники угроз транспортной безопасности России подразделяются на «внешние» и «внутренние». Внешние источники угроз это:

- борьба на международной рынке за захват новых рынков влияния, обладание технологиями и природными ресурсами;
- желание зарубежных конкурентов доминировать на рынке транспортных перевозок в мире и отрезать Россию от ее традиционных рынков;
- разрыв в технологиях ведущих держав мира от России и рост их возможностей по сопротивлению созданию жизнеспособных российских транспортных технологий;
- нарастающая активность международного терроризма.

Внутренние источники угроз:

- кризисное материально-техническое положение многих отраслей транспортного комплекса;
- выраженное влияние и проникновение криминальных структур в ряды государственных органов управления в транспортной сфере;
- большая по структуре и географической удаленности от центра, слабо скоординированная, сеть федеральных органов, реализующих единую государственную программу в области безопасности на транспорте [4].

Грубые недоработки и недочеты при проведении первичных экономических реформ, попустительство в органах государственного управления и надзора, тесное слияние криминальных структур и руководства крупных производственных предприятий, торговых организаций и товаропроводящих сетей благоприятствуют развитию угроз транспортной безопасности в экономической сфере [5]. К их числу принадлежат:

- неудовлетворительная работа системы государственного регулирования связей в сфере транспорта, наличие структурного дисбаланса, нарушающего процессы установления рыночных отношений;
- материальная, экономическая и технологическая зависимость национального транспорта от других стран, недостаточное развитие России, по сравнению с лидирующими странами, в области телекоммуникационной инфраструктуры транспорта;
- недостаточная финансовая поддержка по обеспечению транспортной безопасности Российской Федерации;
- потеря ведущих специалистов и общее падение уровня подготовки высококвалифицированных научных и инженерно-технических работников, острый дефицит квалифицированных кадров в сфере транспортной безопасности [6].

Транспортный комплекс – это совокупность отраслей народного хозяйства, специализирующихся на удовлетворении потребностей общества в перемещении пассажиров и грузов. Комплекс включает в себя дорожное и путевое хозяйства – дороги, пути, мосты, тоннели, станции, вокзалы и т.д.

Транспортные средства – автомобили, поезда, суда, самолеты и т.д.

Информационные средства и средства связи – навигация, управление дорожной ситуацией, а также прочие объекты поддерживающие работоспособность комплекса – строения, устройства и оборудования.

По размаху и разнообразию возможных угроз транспортный комплекс принадлежит к числу наиболее уязвимых объектов, особо критичными угрозами являются:

- рост объема перевозок химически- и радиационно-опасных грузов, а также продуктов атомной промышленности, ядерного оружия;

- ветхость и потенциально аварийное состояние объектов транспортного комплекса;
- скачкообразный рост интенсивности движения транспорта по мере развития экономики страны, налаживание международных транспортных связей;
- увеличение объема дорожно-транспортных происшествий (вызванные ими финансовые потери, по оценкам аналитиков, достигают 4–5 % ВВП);
- разнообразие методов и способов совершения преступных действий на транспортном комплексе, главным образом террористическими организациями [7].

Действующая в настоящее время в стране система мер по обеспечению безопасности на транспортных объектах, применяемые методы, приемы и способы защиты общества и объектов при происшествиях на транспорте не в полной мере соответствуют реальным потребностям и не полностью учитывают существующие и потенциальные угрозы.

Таким образом, возможным путем решения проблем может стать создание новой, общей нормативно-правовой базы для реального обеспечения безопасности транспортного комплекса, учитывающей изменения в форме собственности и в подходах в области управления. При разработке нового законодательства следует привлечь к обсуждению как ученых и экспертов, так и представителей общественности.

В рамках повышения уровня безопасности на транспорте следует организовать совместную со странами Таможенного союза работу по модернизации погранично-пропускных пунктов и оснащению их современными средствами контроля и предупреждения угроз. Упор стоит сделать на создание общенациональной программы увеличения экологической устойчивости транспортной системы страны.

Надлежит разработать и внедрить экологически направленные механизмы поощрения закупки техники, обеспечивающей должный уровень безопасности перевозок и охрану окружающей среды.

На государственном уровне необходимо ужесточить контроль за реализацией требований по безопасности при перевозках.

Требуется разработать систему подготовки и повышения квалификации кадров в сфере транспортной безопасности [8]. Частью обучающей концепции могут быть негосударственные специализированные учебные заведения, или частные курсы, получившие соответствующие лицензии и сертификаты.

Список литературы

1. О транспортной безопасности: федер. закон Российской Федерации. 09.02.2007 № 6-ФЗ (ред. от 03.08.2018).
2. Скубак Н.Ю., Носеева М.Е. Проблемы нормативно-правовой базы в области транспортной безопасности и пути их решения // Транспортное дело России, 2012.
3. Попов М.А. Проблемы определения понятия системы обеспечения транспортной безопасности России и ее элементов // Проблемы правоохранительной деятельности, 2017.
4. Саядова А.С. Угрозы транспортной безопасности Российской Федерации // Юристъ - Правоведъ, 2012.
5. Трофимов Д.А. Транспортная безопасность в системе национальной безопасности // Труды академии управления МВД России, 2016.
6. Григорьев В.Н. Особенности уголовного преследования по делам о преступлениях в сфере транспортной безопасности // Транспортная безопасность в системе национальной безопасности России: организационные и правовые проблемы обеспечения, 2018.
7. Манцуоров А.Ю. Система обеспечения национальной безопасности китайской народной республики: административно-правовой аспект // Юристъ - Правоведъ, 2016.
8. Блинов П.Н. Роль учебных центров транспортной безопасности в вопросе подготовки специалистов по транспортной безопасности на железнодорожном транспорте // Современные наукоемкие технологии, 2016.

О РАЗРАБОТКЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕКРЕСТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ

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., д. 13, seliverstov_s_a@mail.ru

Яковенко Олег Леонидович – магистрант

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49. oleg.jakovenko@apluss.ru

Аннотация. Статья посвящена решению задачи повышения качества управления процессом организации дорожного движения на пересечении Гражданского проспекта и проспекта Науки с использованием программного комплекса микромоделирования PTV VISSIM. Обоснована актуальность применения методов компьютерного микромоделирования для анализа транспортных ситуаций. Описан процесс создания микромодели в программном комплексе PTV VISSIM. Разработана имитационная модель исследуемого перекрестка, на основе которой произведена оценка его эффективности.

Ключевые слова: транспортное моделирование, оптимизация, транспортные потоки, транспортная система мегаполиса, интеллектуализация.

ON THE DEVELOPMENT OF AN IMITATION MODEL CROSSING WITH THE USE OF SOFTWARE TOOLS OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Seliverstov Svyatoslav Al. – PhD, 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, seliverstov_s_a@mail.ru

Yakovenko Oleg L. – Graduate student

ITMO University

Kronverksky pr., 49, St. Petersburg, 197101, Russian Federation, oleg.jakovenko@apluss.ru

Abstract. The article is devoted to solving the problem of improving the quality of managing the process of organizing road traffic at the intersection of Grazhdansky Avenue and Nauky Avenue using the PTV VISSIM micromodelling software package. The relevance of the application of the methods of computer micromodeling for analysis of transport situations. The process of creating a micromodel in the software package PTV VISSIM is described. A simulation model of the intersection under study was developed, on the basis of which its effectiveness was evaluated.

Keywords: microscopic traffic simulation, optimization, transport metropolitan system, intelligent transport system.

Рост транспортной мобильности городского населения в мегаполисе [1-3] при недостаточно эффективной организации и управления различными элементами его транспортной системы, такими как транспортные сети, системы регулирования транспортных потоков и расписание движения маршрутного транспорта, становятся причиной транспортных проблем. Перечень последних включает в себя рост конфликтов трафика, снижение пропускной

способности улично-дорожной сети, образование транспортных заторов, снижение качества индивидуальной перевозки, нарушение интервалов движения маршрутного транспорта, ухудшение экологических показателей качества городской среды и эффективности процессов движения транспорта [4–6]. Единственный, на сегодняшний, момент инструмент решения таких проблем является микроскопическое многоцелевое моделирование транспортных потоков на основе анализа и оптимизации их поведения, а также интеллектуальных стратегиях управления трафиком [7, 8] с использованием программных комплексов. Одним из таких программных комплексов является PTV VISSIM. Согласно [9, 10]. PTV VISSIM продемонстрировал высокую эффективность в решение задач имитационного моделирования транспортных и пешеходных потоков на различных участках улично-дорожной сети, моделирования транспортных ситуаций и оценки схем организации дорожного движения.

Программный комплекс PTV VISSIM имеет длительную и глубокую историю развития, основные этапы которой были серьезно проанализированы в [9]. Совершенствование встроенного в PTV VISSIM математического инструментария отображены в [11], интерфейса в [12].

Сравнительные исследования PTV VISSIM с существующими программными комплексами транспортного микромоделирования представлены в [13]. В [14, 15] представлены практические задачи решенные с использованием программного комплекса PTV VISSIM.

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о высокой актуальности темы исследования. Указывает на насущную необходимость использования продвинутых программных комплексов компьютерного микромоделирования при решении задач транспортного планирования, оценки транспортных ситуаций на участках УДС и анализа пропускной способности, транспортных сетей.

Цель работы заключается в создании имитационной модели перекрестка Гражданского проспекта и проспекта Науки в программном комплексе PTV VISSIM для выработке решений по улучшению организации дорожного движения.

Основная часть

Для создания модели в программном комплексе PTV VISSIM список необходимых исходных данных, согласно [16] включает:

- растровое изображение моделируемого перекрестка в векторном (DWG, DXF, EMF, WMF, SHP) или пиксельном форматах (BMP, JPG, PNG, TGA, TIF, SID) с указанием как минимум одного известного размера;
- схемы и технические характеристики моделируемого перекрестка (размер полос движения, направление движения по каждой полосе в пределах перекрестка);
- технические и геометрические характеристики всех типов транспортных средств, передвигающихся через моделируемый перекресток;
- часовая входящая интенсивность движения и распределение транспортных средств в узлах;
- состав транспортного потока;
- расположение светофоров на перекрестке, количество секций каждого светофора, цикл переключения сигналов и время на каждом такте;
- данные о движении маршрутного и общественного транспорта (характеристики транспорта, вместимость, заполнение при въезде в сеть, маршруты движения, расписание движения, время нахождения транспорта на остановках, время задержки на остановках, расположение остановок, интенсивность движения пешеходов на остановках);
- пешеходное движение (характеристика тротуара, направление движения и интенсивность движения пешеходов на перекрестке).

Исследуемое пересечение Гражданского проспекта и проспекта Науки представляет собой четырехсторонний регулируемый перекресток.

Растровой основой изображения перекрестка для создания имитационной модели стала импортированное отмасштабированное изображение исследуемой области с ресурса «Open Street Map».

Было произведено уточнение геометрических размеров различных объектов улично-дорожной сети (количество полос движения по каждому направлению, ширина полос движения в сечении стоп-линии, точки начала закругления проезжих частей и радиусы закругления, границы перекрестка, границы пересечения проезжих частей), направлений движения транспортных потоков по полосам и траекторий движения транспорта через перекресток.

Модель дорожной сети дорожной сети Гражданского проспекта и проспекта Науки представлена на рисунке 1.

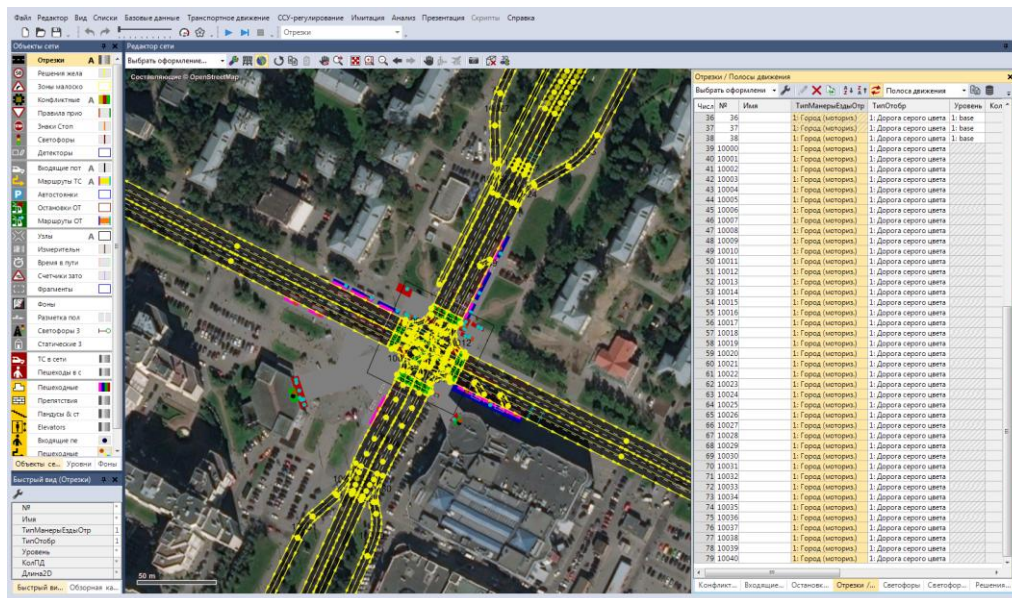


Рисунок 1 – Модель дорожной сети Гражданского проспекта и проспекта Науки

Направление движения транспорта на перекрестке осуществляется согласно существующему ПДД, дополнительных знаков регламентирующих движение транспортных потоков не размещено.

Правила приоритетного проезда были установлены с использованием функционального модуля «конфликтных зон» PTV VISSIM.

Состав транспортного потока так же задавался инструментальной средой PTV VISSIM, согласно принятым нормам для мегаполиса.

Подсчет интенсивности транспортных потоков производился в течение месяца непосредственно на реальном объекте и фиксировался в ручном режиме. Подсчет транспорта производился в часы пик (с 8-00 до 9-00 и с 18-00 до 19-00) по каждому из направлений движения в отдельности. Подсчет пешеходов производился в часы пик (с 8-00 до 9-00 и с 18-00 до 19-00) на каждом перекрестке по направлениям.

Исследуемый перекресток является регулируемым, поэтому при подготовке к процессу создания его модели также определялось расположение светофоров и параметры их работы.

Ввод светофорных циклов в имитационную модель перекрестка представлен на рисунке 2.

Создание сети тротуаров и пешеходных дорожек производилось с использованием «Open Street Map». Технические параметры пешеходного пространства уточнялись на натурном объекте. Подсчет интенсивности пешеходных потоков производился в течение месяца на реальном объекте. Ввод пешеходного потока также согласовывался с данными метрополитена м. Академическая [17]. Скорость пешеходов задавалась программным комплексом PTV VISSIM – «по умолчанию».

В результате была создана микроскопическая транспортная модель перекрестка, отражающая существующую транспортную ситуацию.

Имитационный прогон модели представлен на рисунке 3.

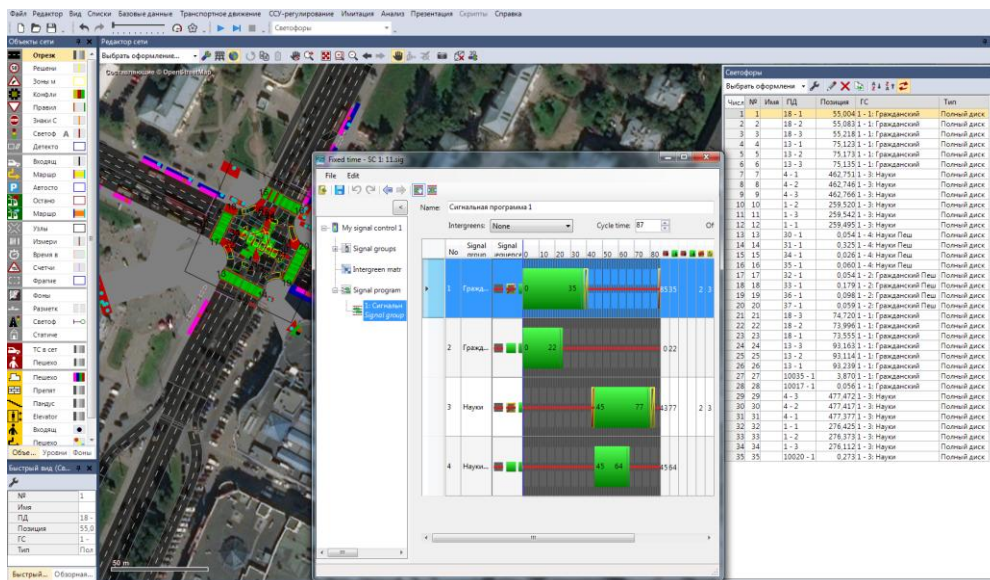


Рисунок 2 – Ввод светофорных циклов в имитационную модель перекрестка



Рисунок 3 – Имитационный прогон модели

Выводы. Разработанная микроскопическая транспортная модель позволяет анализировать пропускную способность перекрестка при изменении интенсивности транспортных и пешеходных потоков, маршрутов общественного транспорта, а также режимов светофорного регулирования и их оптимизации.

Список литературы

1. Якимов М.Р. Математическое моделирование распределения транспортного спроса в транспортной системе города / М.Р. Якимов // Транспорт: наука, техника, управление. 2010. № 12. С. 7–13.
2. Резер С.М., Дугин Г.С. Совершенствование транспортной ситуации в Москве // Транспорт: наука, техника, управление. 2013. № 1. С. 7–10.
3. Malugin I., Komashinskiy V., Asaul A. The project of intellectual multimodal transport system. В сборнике: Transportation Research Procedia 2017. С. 25–30
4. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Разработка показателей интегрального развития транспортной системы мегаполиса // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т.7. № 5 (30). С. 156.
5. Селиверстов С.А. Разработка показателей транспортной обеспеченности // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 4 (45). С. 48–63.

6. Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. О разработке показателей анализа оценки транспортной составляющей в структуре городского квартала // Вестник транспорта Поволжья. 2015. № 4 (52). С. 55–69.

7. Малыгин И.Г., Асаул А.Н. Интеллектуальный метод организации парковочного пространства Санкт-Петербурга // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 9–13.

8. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Формальное построение цепочек транспортной активности городского населения // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4 (224). С. 91–104.

9. Fellendorf, M., & Vortisch, P. Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM. In Fundamentals of Traffic Simulation (1 ed., Vol. 145, pp. 63-94). (International Series in Operations Research & Management Science). New York: Springer Science+Business Media. DOI 10.1007/978-1-4419-6142-6_2.

10. Yang Y., Yang G. Study of Intersection Optimization Near Transportation Hub. Based on VISSIM. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol.9, No.6 (2016), pp.323-332 <http://dx.doi.org/10.14257/ijsp.2016.9.6.28>

11. Menneni S, Sun C, Vortisch P (2008) Microsimulation calibration using speed-flow relationships. Transportation research board, vol 2088. Washington pp 1–9

12. Hossain MJ. Calibration of the microscopic traffic flow simulation model VISSIM for urban conditions in Dhaka city. Master thesis, 2004. University of Karlsruhe, Germany

13. Saidallah M., El Fergougui A., Elalaoui A. E. A Comparative Study of Urban Road Traffic Simulators. 2016 5th International Conference on Transportation and Traffic Engineering (ICTTE 2016). 6 pp. DOI: 10.1051/ 0 (2016) mateconf/20168105002

14. Lin D., Yang and X. K., Gao C., “Road Network of CBD in Beijing, China”, Procedia-Social and Behavioral Science, vol. 96, (2013), pp. 461-472.

15. Mehar, A., Chandra, S. & Velmurugan, S. Highway capacity through vissim calibrated for mixed traffic conditions. KSCE Journal of Civil Engineering, March 2014, Volume 18, Issue 2, pp 639–645. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0440-3>

16. A+S. Краткое руководство по выполнению проектов в PTV Vissim 6. ©2014.

17. <http://www.metro-spb.ru/statisticheskie-dannye.htm>

УДК 656.072

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ

Волкова Елена Михайловна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики транспорта

Корогвич Вероника Витальевна – студент

Охотникова Мария Павловна – студент

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9, Moonlight34@ya.ru

Аннотация. В статье выделены основные перспективные направления развития транспортных систем обслуживания населения городов. Обусловлено, что в настоящий период в крупных городах растет степень согласованности видов общественного транспорта. Обозначены проблемы развития городских транспортных систем на примере Санкт-Петербурга. Доказано, что их решение лежит в плоскости усиления взаимодействия

участников рынка транспортных услуг и развития мультимодальности. Предложены основные направления формирования мультимодальной транспортной системы с использованием современных цифровых технологий.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, городские транспортные системы, агломерация, мультимодальные перевозки, концепция «умного города», цифровые технологии, городской общественный транспорт, мобильность.

PROBLEMS OF MULTIMODAL PASSENGER TRANSPORTATION DEVELOPMENT IN CITY TRANSPORT SYSTEMS

Volkova Elena M. – Ph.D., Assistant Professor of Economics of transport Department

Korogvich Veronika V. – student

Ohotnikova Maria P. – student

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University

Moscovsky pr., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, Moonlight34@ya.ru

Abstract. The main perspective areas of public transportation systems development are identified in the paper. Nowadays, in big cities the level of the public transport modes coordination is increasing. The problems of the urban transport systems development on the example of Saint-P. are indicated. It is proved that the solution derives from the increased interaction between transport services market participants and the multi-modality development. The main directions of the creation of the multi-modal transport system with the implementation of modern digital technologies are offered.

Keywords: passenger transportation, city transport systems, agglomeration, multimodal transportation, smart city concept, digital technologies, city public transport, mobility.

В настоящий период одной из тенденций расселения является урбанизация, результатом которой является не только рост доли городского населения, но и дальнейшее укрупнение городов, формирование агломераций, конурбаций и мегаполисов. Доказано, что агломерация с определенного этапа своего развития характеризуется территориальной специализацией (выделением зоны приложения труда, рекреационно-развлекательных районов, административного и делового центра, зоны комфортного проживания и т.д.). При этом эффективность этой специализации возможна только при обеспечении соответствующего уровня развития транспортной инфраструктуры, быстрого и комфортного передвижения в пределах всей территории агломерации. Так, существует требование часовой транспортной доступности, в соответствии с которым перемещение по территории агломерации не должно занимать более одного часа, чтобы не провоцировать развитие у жителей города транспортной усталости и не снижать их трудоспособность.

Анализ российских и зарубежных источников показал, что с целью выполнения требования часовой транспортной доступности необходимо формировать и развивать городскую транспортную систему на основе следующих принципов.

Во-первых, *согласованное взаимодействие всех видов общественного транспорта*. Оно проявляется в формировании единых каналов продаж и систем информирования, согласовании расписания движения, развитии мультимодальных, или комплексных, транспортных услуг. Кооперация видов транспорта способствует формированию нового качества транспортных систем, которые отечественные авторы называют гладкими бесшовными [1], интермодальными [2, 3], подчеркивая согласованное развитие и взаимодействие видов транспорта.

Во-вторых, *специализация* видов общественного транспорта по маршрутам с учетом величины и интенсивности пассажиропотока. С этой точки зрения приоритет в крупных городах должен отдаваться высокопроизводительным видам транспорта, отличающимся высокой вместимостью, скоростью, регулярностью и частотой движения. В первую очередь это

рельсовый транспорт (метрополитен, городская железная дорога), который создаёт «каркас» городской транспортной системы мегаполиса.

В-третьих, *минимизация использования личного автотранспорта*, который создает повышенные нагрузки на улично-дорожную сеть и в определенной степени не поддается централизованному регулированию, что может стать причиной заторов на автодорогах и непроизводительных потерь времени пассажиров.

В-четвертых, *широкое использование цифровых технологий* для усиления координации видов транспорта и более эффективного использования транспортной инфраструктуры. Высокие темпы цифровизации во всех отраслях и сферах деятельности приводят к появлению новых концепций и инструментов управления. В частности, концепция «умного города» (Smart city) предполагает построение интеллектуальной транспортной системы на базе цифровых технологий управления движением и мониторинга состояния инфраструктуры в режиме реального времени.

Однако развитие транспортных систем российских агломераций характеризуется значительной неравномерностью, наличием целого ряда проблем, снижающих их производительность и эффективность, а также оказывающих негативное влияние на мобильность городского населения. В данной статье проблемы развития транспорта в агломерациях проиллюстрированы на примере г. Санкт-Петербурга.

Санкт-Петербург является крупнейшей агломерацией в Северо-Западном федеральном округе РФ, занимая первое место по величине ВРП. При этом прогнозируется его дальнейший рост как с точки зрения территории, так и с точки зрения увеличения численности населения. Транспортная система Санкт-Петербурга представлена всеми видами общественного транспорта и личным автотранспортом. Общий пассажиропоток в пределах города в день составляет 5475 тыс. пассажиров, в год – около 2 млрд пассажиров. Как видно из таблицы 1, маршрутная сеть городского пассажирского транспорта Санкт-Петербурга состоит из 5 линий метрополитена, 42 трамвайных маршрутов, 44 троллейбусных маршрутов, 383 автобусных маршрутов с посадкой и высадкой пассажиров только в установленных остановочных пунктах ("социальные" маршруты), 314 автобусных маршрутов с посадкой и высадкой в любом не запрещенном правилами дорожного движения месте ("коммерческие" маршруты), сети железной дороги. Эти маршруты обслуживаются 17 перевозчиками, работающими по договорам с Комитетом по транспорту [4].

Краткая характеристика маршрутной сети городского общественного транспорта Санкт-Петербурга представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика маршрутной сети городского общественного транспорта Санкт-Петербурга

	Метро	Трамвай	Троллейбус	Автобус	
				Социальный	Коммерческий
Число линий/маршрутов	5	39	43	356	392
Количество станций /остановок	63	430	430	2083	-
Общая протяженность маршрутов, км	113	228	327	5720	5112
Средняя длина маршрута, км	22,6	5,85	7,98	16,06	13,04
Количество пассажиров в день ,тыс.	2290	531	292	1310	1050
Количество пассажиров в год, млн.	835,7	197,7	106,5	478,3	384,0
Структура пассажиропотока, % к итогу	41,7%	9,9%	5,3%	23,9%	19,2%
Количество транспортных средств	1445 вагонов	826 вагонов	700 троллейб.	1844 автобусов	3968 автобусов

Источник: рассчитано по [4].

Как видно из таблицы 1, более 40% перевезенных пассажиров приходится на метрополитен, что отражает его высокую производительность. На сегодняшний день метрополитен в Санкт-Петербурге считается наиболее быстрым и надежным видом городского пассажирского транспорта общего пользования. По сравнению с другими видами наземного городского пассажирского транспорта общего пользования метрополитен обеспечивает самую высокую скорость движения, составляющую 32-40 км/ч (скорость движения на автобусе, трамвае и троллейбусе составляет не более 15-18 км/ч, снижаясь в часы пик до 5-10 км/ч) и высокую частоту движения. Интервал движения поездов в часы "пик" в среднем составляет порядка 2 мин.

Однако в Москве доля метрополитена в пассажирских перевозках (с учетом МКЖД) составляет порядка 52%, что значительно выше его доли в Санкт-Петербурге. Следовательно, принцип специализации общественного транспорта в Москве соблюдается лучше, чем в Санкт-Петербурге. Также обратим внимание на высокую долю коммерческих автобусных маршрутов в перевозках пассажиров: она практически равна доле социальных маршрутов. При этом коммерческие автобусы отличаются более низкой вместимостью и безопасностью движения, что приводит к ухудшению ситуации на автодорогах. Следует отметить и сокращение доли экологичных и высокопроизводительных трамваев в пассажирских перевозках: на составляет менее 10%, что явилось следствием ликвидации части трамвайных путей на территории города.

В целом транспортная система Санкт-Петербурга не справляется с растущей нагрузкой и характеризуется наличием ряда проблем, перечисленных ниже.

1) Перегруженность улично-дорожной сети, ограниченная пропускная способность при росте размеров движения, заторы на автодорогах.

2) Нехватка парковочного пространства, ограниченное применение инноваций в строительстве паркингов или их полное отсутствие.

3) Низкие темпы развития транспортной инфраструктуры при высоких темпах жилищного строительства, медленные темпы расширения сети Петербургского метрополитена [5].

4) Недостаточно высокий технический уровень производственной базы транспортной системы с учетом предъявляемых к ней требований.

Исходя из обозначенных выше проблем и перспектив развития городских транспортных систем, необходимо не только развивать транспортную инфраструктуру, но и повышать эффективность ее использования с применением современных цифровых технологий, в частности, концепции «умного города» и технологии MaaS [6], [7], [8]. В частности, построение интеллектуальной транспортной системы базируется на следующих новых технологиях:

- райдшеринг – это совместные поездки пассажиров, сокращают загруженность на дорогах.

- каршеринг – это новый вид аренды транспортного средства.

- умный паркинг- технология включает число датчиков, которая определяет расположение и количество свободных мест для парковки.

- обновляемое в режиме реального времени расписание прибытия транспорта на остановочных пунктах.

- floating car data/floating cellular data – технологический метод, позволяющий определять среднюю скорость транспортных потоков на основе сбора данных о расположении, времени, направления автомобильного движения.

Ускоренное внедрение перечисленных технологий будет способствовать росту эффективности использования транспортной инфраструктуры, однако не решит все перечисленные проблемы. Поэтому использование цифровых технологий должно сопровождаться развитием сети Петербургского метрополитена, развитием кооперации видов транспорта и повышением качества услуг общественного транспорта.

Список литературы

1. Лapidус Б.М., Лapidус Л.В. Гладкая бесшовная транспортная система – инновационная модель будущего: природа, сущность, детерминанты качества // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2017. № 2. С. 45–64.
2. Кретов М.А., Левицкая Л.П. Стратегия развития городской транспортной системы / М.А. Кретов, Л.П. Левицкая // Экономика железных дорог: Журнал для руководителей и финансово-экономических работников. 2016. № 8. С. 23–30.
3. Вакуленко С.П. Интермодальные перевозки в пассажирском сообщении с участием железнодорожного транспорта. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2013. 263 с.
4. Государственная программа Санкт-Петербурга "Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга" на 2015-2020 годы, утв. постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 30.06.2014 N 552 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://avt.kt.gov.spb.ru> (дата обращения 12.09.2018).
5. Барабкин Д.С., Айдарханов А.А. Перспективы развития транспортной системы в Санкт-Петербурге // Alfabuild. 2018. № 1 (3). С. 24–32 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://alfabuild.spbstu.ru/index_2017_3/3_3.pdf (дата обращения 12.09.2018).
6. Технологии для умных городов: доклад рабочей группы Фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». СПб: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». 2017. 110 с.
7. Кириллова А. Цифровые транспортные системы – близкая реальность // Интеллектуальные транспортные системы – 2018. № 6. С. 50–57.
8. Журавлева Н.А. Цифровая трансформация глобальных транспортных систем // Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы / под ред. А.В. Бабкина. СПб: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». 2017. С. 113–132.

УДК 676.053

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ В ЗОНЕ ОСНОВНОГО ХРАНЕНИЯ ТЕРМИНАЛА

Махматкулов Шахобиддин Гиёсиддин угли – докторант (Ph.D.) кафедры инженерная логистика и менеджмент (经济学院)

Чанъяньский университет (长安大学)

710064, Китай, провинция Шэньси, г. Сиань, ул. Наньер Хуань, shoh1970@bk.ru

Икрамова Диёра – студент магистратуры кафедры транспортная логистика и сервис

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашиИИТ)

100067, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Одылходжаева 1, funny_angel94@mail.ru

Дехконов Мирали Мирхон угли – студент магистратуры кафедры транспортная логистика и сервис

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашиИИТ)

100067, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Одылходжаева 1, dehqonov_mirali@mail.ru

Аннотация. В международных железнодорожных направлениях, при передаче контейнеров с одного вида транспорта на другой, создаются контейнерные терминалы. Цель, которых состоит в преобразовании грузопотока контейнеров. В данной работе обсуждаются вопросы применения нестандартных схем размещения контейнеров в зоне основного хранения, обеспечивающего рациональное перемещение внутритерминального транспорта.

Ключевые слова: Контейнер, контейнерный терминал, вместимость, схема размещения, порталый контейнерный автопогрузчик, мостовой порталый пневмоколесный кран, ричстакер.

APPLICATION OF VARIOUS DESIGNS OF LAYOUT OF CONTAINERS IN THE AREA OF THE MAIN STORAGE OF THE TERMINAL

Makhmatkulov Shakhobiddin G. – postgraduate (Ph.D.) of department of Logistics engineering and management (经济学院)

Chang'an university (长安大学)

Middle-section of Nan'er Huan Road Xi'an, ShaanXi Province, 710064, China, shoh1970@bk.ru

Ikramova Diyora – master-student of department of Transport logistics and service Tashkent institute of railway engineering (ТИРЕ)

1, Odilkhodjaev st., Tashkent, 100067, Uzbekistan, funny_angel94@mail.ru

Dehqonov Mirali – master-student of department of Transport logistics and service Tashkent institute of railway engineering (ТИРЕ)

1, Odilkhodjaev st., Tashkent, 100067, Uzbekistan, dehqonov_mirali@mail.ru

Abstract. In international railway routes, when transferring containers from one mode of transport to another, container terminals are created. The goal, which is to transform the cargo traffic of containers. Discusses the use of non-standard schemes for placing containers in the main storage area, ensuring efficient movement of intra-terminal transport.

Keywords: Container, container terminal, capacity, designs layout. straddle carrier, rubber tyred gantry, reach stacker.

На сегодняшний день контейнерный терминал представляет собой сложную техническую систему, которая имеет четкую структуру, состоящая из элементов – технологических участков, как показана на рисунке 1. Контейнерные терминалы обычно размещаются в пунктах взаимодействия различных видов транспорта и служат для преобразования грузопотока [1–5, 11–12].

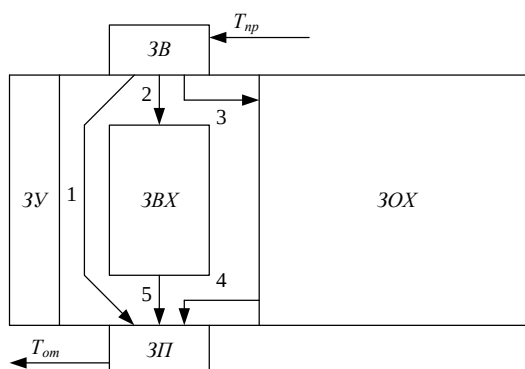


Рисунок 1 – Структура перевалочного контейнерного терминала, состоящая из элементов – технологических участков: ЗУ – зона управления; ЗВХ – зоны временного хранения; ЗОХ – зона основного хранения; ЗВ – зона выгрузки; ЗП – зона погрузки; 1-5 – внутрительминальный транспорт; T_{np} – транспорт прибытия; $T_{от}$ – транспорт отправления

Одним из основных элементов является зона основного хранения контейнеров, в которых обычно применяются следующие виды погрузочно-разгрузочных машин:

- козловые краны (Rail Mounted Gantry – RMG);
- мостовые порталые пневмоколесные краны (Rubber Tyred Gantry – RTG);
- автопогрузчики с крановой стрелой (Reach Stacker – RS);
- порталые автопогрузчики (Straddle Carrier – SC).

Технология складирования контейнеров должны обеспечивать полное использование площади зоны основного хранения, и традиционные схемы размещения контейнеров оборудованных портальным краном обеспечивает такую потребность (см. рисунок 3,а). Однако, в природе существует много полезных подсказок для применения их в складской системе, как например жилки листьев у растений (см. рисунок 2). Жилки у растений – это система проводящих пучков, через которые осуществляется транспорт веществ. Жилки устроены так, что вещества достигают своевременно и, тратя на это минимум времени. Связи с этим зарубежные ученые предложили нестандартный способ размещения стеллажей, а также контейнеров [10, 13–16].



Рисунок 2 – Типы жилкования

В своих трудах, зарубежные ученые ограничились лишь схемой размещения, а в работах [6–9] приводятся математические модели взаимосвязи основных параметров в зоне основного хранения склада тарно-штучных грузов. Однако, вопросы рационального размещения контейнеров на сегодняшний день мало кем изучена (рис. 3,б и 4). Тем самым ставится задача предложения различных схем размещения контейнеров в зоне основного хранения, а также разработка математических формул для расчета вместимости предложенных схем.

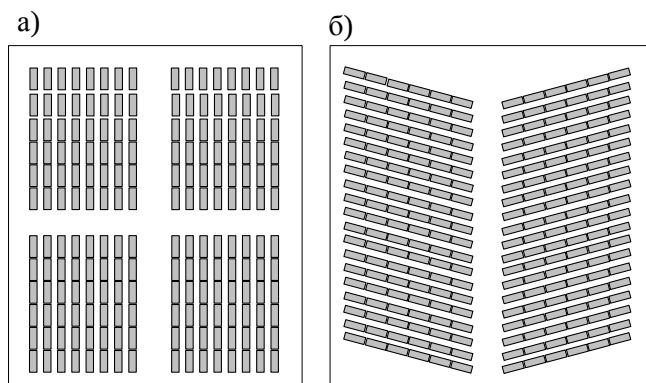


Рисунок 3 – Варианты схемы размещения контейнеров обслуживаемая портальным краном:
а) традиционная; б) диагональная

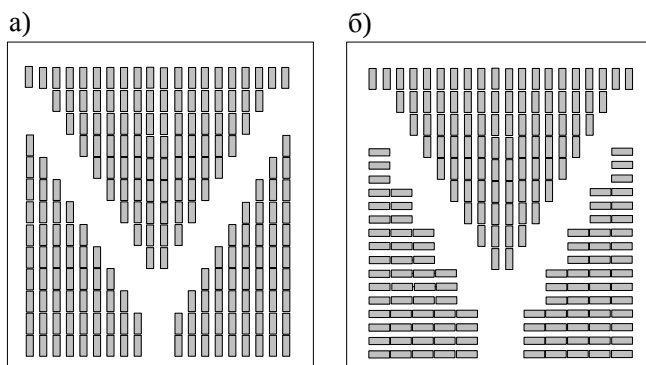


Рисунок 4 – Варианты схемы размещения контейнеров обслуживаемая портальным краном:
а) V-образная; б) елочная

По рисункам 3 и 4 видно, что традиционная схема размещения соответствует под требования контейнерного терминала, обеспечиваясь максимальное использование площади зоны основного хранения. Однако на сегодняшний день в условиях рыночной экономики сокращения расходов на перемещения погрузочно-разгрузочных машин играет немаловажную роль. Связи с чем предложенные схемы могут обеспечить данное требование.

Список литературы

1. Гомбосэд С., Маликов О.Б. Определение производительности автопогрузчиков на контейнерном терминале // Вестник транспорта Поволжья. 2013. Вып. 5. № 41. С. 46–52
2. Гомбосэд С., Маликов О.Б. Оптимизация расположения контейнеров на приграничных терминалах // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. Вып. 2. № 35. С. 54–59
3. Гомбосэд С., Маликов О.Б. Техническое оснащение контейнерной площадке // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. Том 3. № 1. С. 7–16
4. Гусев А.О., Фадеев О.В., Зуб И.В. Перегрузочная техника, как фактор формирования технологической схемы работы терминала // Наука 21 века: вопросы, гипотезы, ответы. 2017. Вып. 1. № 22. С. 59–64.
5. Жилиев Д.Е. Определение минимальной вместимости контейнерного склада сухого порта для обработки переменного грузопотока // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. Вып. 6. № 34. С. 79–85
6. Илесалиев Д.И. К вопросу о схеме размещения стеллажей на складе // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. № 1. С. 99–106
7. Илесалиев Д.И. Обоснование выбора вариантов компоновки стеллажей и проходов для тарно-штучных грузов в крытых складах // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона, 2017. Вып. 4. № 13. С. 19–23
8. Илесалиев Д.И., Коровяковский Е.К. Влияние расположения проходов между стеллажами на показатели работы склада водного транспорта // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. Вып. 6. № 34. С. 52–59
9. Илесалиев Д.И. Использование различных схем расположения проходов склада тарно-штучных грузов // Логистика: современные тенденции развития: материалы XIV Международ. науч.-прак. конф. 9.10 апреля 2015 г.: мат. докл. / отв. ред. В. С. Лукинский. СПб: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. 2015. С. 174–176
10. Инновации в области проектирования и эксплуатации в контейнерном терминале [Электронный ресурс] – Innovations for container terminal design and operations – Режим доступа: <https://containerterminals.wordpress.com/> (дата обращения 14.09.2018).
11. Курилов Е.Г. К вопросу определения емкости контейнерной площадки на таможенном стыковом терминале при случайных контейнеропотоках // Экономика, инновация и научные исследования в транспортном комплексе региона: проблемы и перспективы развития. Материалы Всероссийского научно-практической конференции с международным участием. ДВГУПС. 2017. С. 167–173
12. Маликов О.Б., Гомбосэд С., Определение себестоимости контейнеро-операции на приграничном терминале // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. Том 3. № 1. С. 91–96
13. Gue K.R., Ivanovic G., Meller R.D. A unit-load warehouse with multiple pickup and deposit points and nontraditional aisles. Transportation Research. Part E, 2012, No.48, pp. 795-806.
14. Gue K.R., Meller R.D. Aisle Configurations for Unit-Load Warehouses. IIE Transactions, 2009, No. 3, pp. 171-182.
15. Ozturkoglu O., Gue K.R., Meller R.D. Optimal Unit-Load Warehouse Designs for Single-Command Operations. IIE Transactions, 2012, No.44, pp. 459-475.
16. Pohl L.M., Meller R.D., Gue K.R. Optimizaing fishbone aisles for dual-command operations in a warehouse. Naval Research Logistics, 2009, No. 56, pp. 389-403.

ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ С УЧЕТОМ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Иголкин Георгий Владимирович – аспирант кафедры строительства дорог транспортного комплекса

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9, igolkin.georgii@gmail.com

***Аннотация.** Определение классификации стран, обладающих линиями высокоскоростных магистралей (ВСМ) по критерию адаптивности данной технологии в социально-экономическом пространстве государства. Определение составляющих экономической рентабельности проектов ВСМ. Прогнозирование развития ВСМ в России.*

***Ключевые слова:** высокоскоростные магистрали, адаптивность, транспортные сети, оценка экономической эффективности*

MAGNETIC LEVITATION TRANSPORT TECHNOLOGY AS BASIS FOR CREATING INNOVATIVE HIGH-SPEED LAND TRANSPORT SYSTEMS

Igolkin Georgiy V. – post-graduate student

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Moskovsky pr., 9, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation, igolkin.georgii@gmail.ru

***Abstract.** Definition of countries classification according to the criteria of high-speed rail (HSR) adaptability in the social economic space of the territory. Determining the components of the economic profitability in high-speed rail projects. Forecast of development high-speed rail in Russia.*

***Keywords:** high-speed rail, adaptability, transport networks, evaluation of economic effectiveness*

Высокоскоростной железнодорожный транспорт – это железнодорожный транспорт, обеспечивающий скорости движения 250 км/ч по специализированным линиям или 200 км/ч по существующим [1].

В настоящее время в мире существует 26 стран, где реализованы проекты, удовлетворяющие данному условию [2].

Данный список является источником для исследования критериев применимости ВСМ с учетом региональных особенностей. Проводя кластерный анализ этих стран по факторам: плотность населения, процент урбанизации, ВВП на душу населения (\$/чел); не принимая в расчет участников с линиями высокоскоростных магистралей (ВСМ) протяженностью до 150 км, поскольку такая протяжённость носит локальный характер и не коррелирует с социально-экономическими факторами приведенными выше[3], получим следующую классификацию стран, обладающих линиями ВСМ – таблица 1.

Классификация в таблице 1 подтверждает тезис о том, что именно в странах с высокой адаптивностью к ВСМ подобные системы внедрялись значительно раньше. ВСМ впервые появилась в Японии в 1964 году – линия Shinkansen между Токио и Осакой[4].

А с 1976 года высокоскоростное движение начало активно внедряться в странах (Италия(1976), Франция(1980), Германия(1988), Испания(1992)), основными критериями которых являются:

- развитая экономика,
- незначительная территория,

- высокая плотность населения,
- перманентность распределения платежеспособного населения.

Таблица 1 – Классификация стран по адаптивности к ВСМ

	Страны с высокой адаптивностью к ВСМ	Страны-индифферентны	Страны с низкой адаптивностью к ВСМ
Список стран	Китай, Испания, Франция, Германия, Япония, Великобритания, Южная Корея, Италия, Турция, Саудовская Аравия, Австрия, Тайвань, Бельгия, Нидерланды,	Узбекистан, Греция, Швеция, Финляндия, Португалия, Марокко	Россия, США
Отличительные особенности	Высокая плотность населения; Высокий ВВП на душу населения.	Преобладание модернизируемых линий (максимальная скорость движения 200-220км)[1]; Незначительная площадь государства/низкая плотность населения.	Низкая плотность населения; Большие плечи перевозок.

Сочетание данных признаков является необходимым для выполнения условия экономической целесообразности строительства линии – (1)

$$N + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{CF_{\text{эспл}}}{(1+r_1)^t} > \sum_{t=1}^{t=n} \frac{CF_{\text{перев}}}{(1+r_2)^t} + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{CF_{\text{косвен}}}{(1+r_3)^t}, \quad (1)$$

где n – эксплуатационный срок; N – начальные затраты на строительство линии ВСМ;

$CF_{\text{эспл}}$ – денежный поток на содержание линии за время t ; $CF_{\text{перев}}$ – денежный поток, получаемый при осуществлении перевозок за время t ; $CF_{\text{косвен}}$ – денежный поток косвенных доходов, получаемых государством в виде налогов, сборов, снижения альтернативных издержек за время t .

r_1, r_2, r_3 – ставки дисконтирования для денежных потоков разной природы.

Поступления от линии ВСМ включает целый ряд косвенных социально-экономических поступлений, кроме прямой платы пассажирами за проезд, которые аккумулирующиеся в первую очередь государством в виде налогов, снижения альтернативных издержек – на модернизацию устаревшей инфраструктуры, уменьшения аварийности и т.д.

Поэтому в настоящий момент активное строительство высокоскоростных железных дорог идет именно за счет государственного финансирования – в КНР и Испании.

Экономический эффект получаемый от высокоскоростных магистралей мультиплицируется на большое количество отраслей производств (метод межотраслевого баланса) и социально-экономических аспектов жизни населения (метод затрат и выгод).

В КНР сделан ряд исследований оценивающих эмпирически влияние построенной к настоящему моменту сети ВСМ (свыше 26000 км)[5-7]. Которые подчеркивают значительный рост отраслей производств, связанных с ВСМ, рост показателей занятости населения, увеличенные туристической отрасли до 5% от ВВП КНР, транспортной доступности на 19,3 %. Подобный подход обеспечивает продолжение финансирования программы ВСМ в КНР принятой в 2006 году до целевых 6 трлн. юаней.

Основные преграды на пути строительства высокоскоростных магистралей (ВСМ):

- высокая стоимость сооружения,
- получение экономических эффектов только после ввода в эксплуатацию всей линии,
- наукоемкость проектов,

- необходимость развитой технической базы производства и обслуживания,
- отсутствие верифицированных стратегий оценки.

Основными характеристическими единицами современной сети высокоскоростной железных дорог являются:

- стоимость сооружения 1 км трассы,
- энергоэффективность подвижного состава,
- стоимость сэкономленной минуты,
- размер площади попадающей под влияние ВСМ.

Принимая во внимание, что в России среднее расстояние между ключевыми социально-экономическими центрами составляет 190 км в Европейской части и 320 км за Уралом, в то время как в странах с высокой адаптивностью к ВСМ столько составляет, как правило, длина целой линии, можно сделать вывод о том, что скорости, которые может обеспечить ВСМ (350 км/ч) обеспечат меньшее соотношение косвенных денежных потоков $CF_{\text{косвен}}$ к левой части неравенства (1) чем в странах с высокой адаптивностью к ВСМ и не позволят достичь конкурентного показателя продолжительности поездки по критерию «от двери до двери» в 2,5-4 часа. Основные недостатки ВСМ в условиях РФ приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные недостатки строительства ВСМ в условиях Российской Федерации

**В проекте линии ВСМ Москва-Казань предусматривается возможность движения грузовых составов нагрузки С8 в обычном скоростном режиме, что повлечет соответственные логистические трудности увязки расписаний.*

Список литературы

1. A European high-speed rail network: not a reality but an ineffective patchwork. Special Report. EUROPEAN COURT OF AUDITORS 2018 doi:10.2865/105814
2. Шульман Д.О. Обоснование этапности формирования перспективной сети высокоскоростных железнодорожных магистралей: дис. канд. тех. наук. Санкт-Петербург. 2015. 147 с.
3. De Rus, G. (2012). The economic effects of high speed rail investment. Working paper. OECD Joint Transportation Research Center.
4. Taniguchi Mamoru High Speed Rail in Japan A Review and Evaluation of the Shinkansen Train. The University of California Transpotation Center
5. Wu, W.; Liang, Y.; Wu, D. Evaluating the Impact of China's Rail Network Expansions on Local Accessibility: A Market Potential Approach. Sustainability. 2016, 8, 512.
6. Shaw, S.-L.; Fang, Z.; Lu, S.; Tao, R. Impacts of high speed rail on railroad network accessibility in China. J. Transp. Geogr. 2014, 40, 112–122.
7. Regional Economic Impact Analysis of High Speed Rail in China. Report No: ACS9734. 2014. China and Mongolia Sustainable Development Sector Unit EAST ASIA AND PACIFIC REGION.

МОДЕЛИ ARMA ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Матвеев Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, fcvega_10@mail.ru

Богданова Екатерина Михайловна – адъюнкт 1-го курса факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, bogdanova_em93@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрен механизм прогнозирования с помощью ARMA модели на примере числа дорожно-транспортных происшествий в г. Санкт-Петербург. Проведена оценка точности прогнозных моделей. Использование данного подхода позволяет автоматизировать расчеты при прогнозировании аварий и происшествий на транспорте.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие (ДТП), прогноз, прогнозирование, ARMA модель, авторегрессионный процесс, порядок авторегрессии.

ARMA FORECASTING MODEL OF VEHICLE ACCIDENT

Matveyev Alexander V. – Ph.D., Associate Professor at the Department of Applied Mathematics and Information Technologies

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, fcvega_10@mail.ru

Bogdanova Ekaterina M. – Junior scientific assistant of faculty of professional training of the highest qualification

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, bogdanova_em93@mail.ru

Abstract. In article the forecasting mechanism by means of ARMA model on the example of number of the road accidents which have happened to St. Petersburg is considered. The accuracy of predictive models was evaluated. Use of such approach allows to automate calculations when forecasting accidents and incidents on transport.

Keywords: vehicle accident, forecast, forecasting, ARMA model, autoregression process, autoregression order.

В настоящее время жизнь и жизнедеятельность человека неразрывно связаны с использованием различных транспортных средств, как в личной жизни, так и в сфере производства. Рост транспортной инфраструктуры неразрывно связан с увеличением требований к вопросам безопасности. В данных условиях актуализируется проблема прогнозирования и снижения количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [1, 2]. Прогнозирование в управлении является основным этапом планирования деятельности, направлено на выявление и предвидение объективных тенденций, состояний развития исследуемых систем [3].

В целях обеспечения оперативных, слаженных действий всех служб, занятых ликвидацией последствий аварии на транспорте, для достижения наибольшей эффективности работ на месте чрезвычайной ситуации применяются различные технологии прогнозирования [4–6].

В настоящей статье рассматривается подход к прогнозированию ДТП, основанный на построении ARMA моделей [7, 8]. Такие модели характеризуются наличием устойчивой свя-

зи исследуемого процесса Y с его значениями в прошлом и будущем. Авторегрессионный процесс порядка p или $AR(p)$ определяется следующим образом:

$$Y_i = a_0 + \sum a_i * Y_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где a_0 – постоянный коэффициент, который показывает, каким будет итог модели в случае, когда влияющие факторы равны нулю;

a_i – коэффициенты, которые определяют степень зависимости итогового Y от влияющих факторов (в данном случае от значений процесса Y в прошедший период);

Y_{i-1} – влияющие факторы, которые в данном случае и есть итоговый Y , но тот, каким он был раньше.

ε_i – случайная компонента или погрешность модели (другими словами, это разница между расчетным значением прогнозной модели и известными значениями, т.е. $Y_{расч} - Y$).

Если фактическая величина уровня ряда y_t зависит только от одного предыдущего значения y_{t-1} , то такая модель называется авторегрессионной моделью первого порядка $AR(1)$, если y_t зависит от двух предыдущих уровней y_{t-1} и y_{t-2} – моделью второго порядка $AR(2)$ и т. д.

Рассмотрим механизм прогнозирования с помощью $AR(p)$ модели на примере числа ДТП, произошедших в г. Санкт-Петербург. Исходный временной ряд построен на основе динамики ежемесячных данных с января 2012 г. по декабрь 2017 г., табл.

Таблица – Исходные статистические данные

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
январь	604	641	616	568	473	508
февраль	633	597	513	565	485	466
март	671	670	543	536	503	473
апрель	673	661	523	565	508	442
май	709	661	598	574	486	414
июнь	699	645	555	510	454	451
июль	704	725	577	547	425	485
август	637	686	562	531	444	350
сентябрь	642	643	513	517	491	326
октябрь	673	672	586	485	612	353
ноябрь	667	677	630	481	535	317
декабрь	701	667	645	427	523	287

Выбранный метод реализуем в пакете прикладных программ MS Office Excel – программа для работы с электронными таблицами, включающая возможности проведения экономико-статистических расчетов, а также графические инструменты.

1. Модель авторегрессии $AR(1)$ или $ARMA(1,0)$ – Марковский процесс

Эта модель описывает простейший вариант авторегрессионного процесса, когда все коэффициенты кроме первого равны нулю.

Для построения прогноза определим коэффициенты уравнения регрессии, используя инструмент анализа данных «Регрессия». Результаты прогнозирования представлены на рисунке 1.

Полученная модель $Y = 22,48 + 0,95x_1$ состоит только из одного влияющего фактора, то есть изучается тесная зависимость только от того каким был итоговый показатель одним периодом назад.

2. Модель авторегрессии $AR(2)$ или $ARMA(2,0)$ – процесс Юла-Уокера

Разница между моделями авторегрессии 1-го и 2-го порядка заключается в том, что модель авторегрессии 2-го порядка содержит еще один влияющий фактор Y_{t-2} , то есть изображается зависимость от того каким был Y не только один период назад, но и от того каким

он был два периода назад. Иногда данный факт дает возможность выявить более сильную взаимосвязь и соответственно построить более точный прогноз.

Результаты прогнозирования в таком случае представлены на рисунке 2.

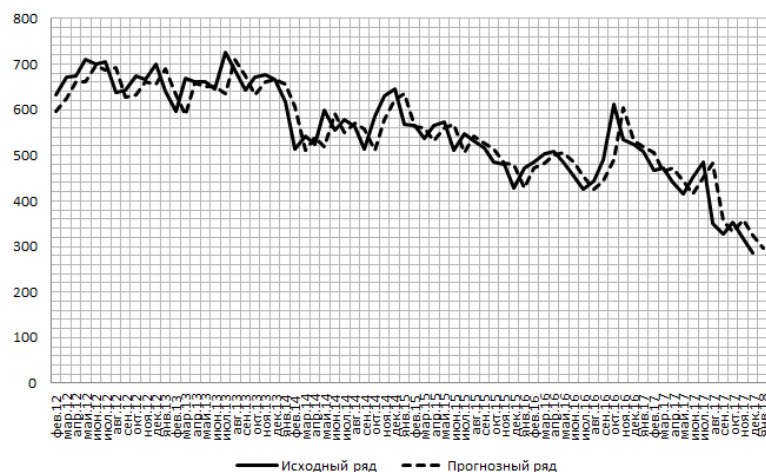


Рисунок 1 – AR(1) модель прогнозирования ДТП

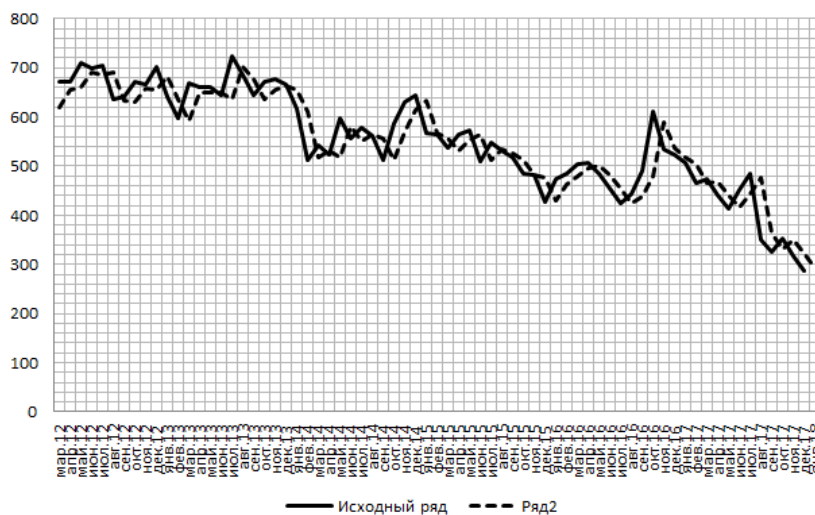


Рисунок 2 – AR(2) модель прогнозирования ДТП

Полученная модель $Y = 14,29 + 0,85x_1 + 0,11x_2$ имеет показатель ошибки прогноза меньше, чем модель первого порядка (3,61 против 3,94). Это свидетельствует о том, что модель второго порядка более точная.

Вопрос о выборе рациональной авторегрессионной модели является достаточно трудным. Для этого необходимо оценить, насколько проста модель, а также учесть возможные потери при игнорировании автокорреляционной зависимости между данными. Напротив, модели более высоких порядков связаны с оценками многочисленных параметров, которые могут оказаться неэффективными, особенно если длина n временного ряда не очень велика. Это происходит потому, что при расчете параметра α_i каждое значение временного ряда Y_t сравнивается с его ближайшими соседями, расположенными не далее, чем через p временных интервалов (т. е. величина Y_t сравнивается со значениями $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$). Другими словами, чем выше порядок авторегрессионной модели, тем больше первых ее членов теряется.

Модели авторегрессии порядка p позволяют получить адекватный прогноз при минимальных временных затратах и минимальном наборе требований к исходным данным. При этом получить прогноз по исходным данным возможно только на один период вперед. В случае, когда необходимо произвести прогноз на более длительный период, в

качестве влияющих факторов для расчета придется брать рассчитанный по модели Y , а не реально существующий, что в итоге даст прогноз на прогнозе, и адекватность такого прогноза снизится как минимум вдвое [9]. Кроме того, с увеличением порядка авторегрессии появляется необходимость расширять диапазон исходных данных.

Список литературы

1. Панов Н.Н., Цыганков Э.С., Зудин В.Н., Бритвина В.В., Конюхов В.Г. Сравнительный анализ причин ДТП в трех странах: Германии, США и России // Экстремальная деятельность человека. 2016. № 2(39). С. 19–24.
2. Буракова О.Д., Захаров Д.А. К вопросу прогнозирования количества ДТП в населенных пунктах // В сборнике: Проблемы функционирования систем транспорта Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием): в 2-х томах, 2016. – С. 60–67.
3. Матвеев А. В. Оценка и управление риском: учебное пособие. СПб: Стратегия будущего. 2010. 279 с.
4. Белов П.Г. Стратегическое планирование развития и обеспечения национальной безопасности России: прогнозирование и снижение риска чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2015. № 1(9). С. 47–58.
5. Богданова Е.М. О системном анализе и прогнозировании техногенных рисков // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: Материалы I Международной научно-практической конференции. Петровская академия наук и искусств. 2018. С. 40–42.
6. Богданова Е.М., Матвеев А.В. Алгоритм метода адаптивного прогнозирования пожаров // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 27 сентября 2017. СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. С. 94–97.
7. Чураков Е. П. Прогнозирование эконометрических временных рядов. – М.: Финансы и статистика. 2008. 208 с.
8. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учеб. пособие. Невинномысск. 2006.
9. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Финансы и статистика. 2012. 320 с.

УДК 629.735

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПОЛУМАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Калинина Елена Сергеевна – кандидат педагогических наук, доцент, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, kalinina.e@igps.ru

Еременко Сергей Петрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики и системного моделирования сложных процессов
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, esp55@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен один из подходов к построению полумарковской модели мониторинга технического состояния воздушных судов с целью обеспечения требуемого уровня

ня их безопасной эксплуатации. Получено аналитическое выражение для обобщенного показателя безопасности эксплуатации воздушных судов. Предложенный подход может служить основой для разработки более сложных моделей функционирования комплексной системы «объект мониторинга – информационная система мониторинга» при решении вопросов безопасности полетов.

Ключевые слова: воздушные суда, безопасность эксплуатации, полумарковская модель, информационные системы мониторинга.

ON DEVELOPMENT OF SEMIMARKOV MODEL FOR EVALUATING AIRCRAFT OPERATION SAFETY INDICATOR

Kalinina Elena S. – Ph.D., 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 pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, kalinina.e@igps.ru

Yeremenko Sergey P. – Ph.D., Head of the Department of higher mathematics and system modeling of complex processes

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, esp55@mail.ru

Abstract. One of the approaches to building the Semimarkov model for monitoring the aircraft technical condition to ensure the required level of their safe operation, has been considered. The analytical expression for aircraft operation composite safety indicator has been obtained. The proposed approach can serve as the basis for development of more complex models of functioning of the integrated system “monitoring object - information system of monitoring” when solving flight safety issues.

Keywords: aircrafts, operational safety, Semimarkov model, information systems of monitoring.

Безопасность является критической проблемой воздушных судов, без решения которой их эксплуатация недопустима. Согласно статистике, в последние годы «большинство происшествий в авиации связаны с поздним обнаружением отказов в системах самолета» [1]. В связи с этим, с каждым годом повышаются требования к обеспечению безопасности полетов воздушных судов, что влечет за собой необходимость разработки новых средств и методов диагностики их технического состояния.

Современный самолет представляет собой сложную техническую систему периодического применения с развитой иерархической структурой, большим числом подсистем и внутренних связей, которая должна сохранять работоспособность даже при наличии отказов отдельных ее элементов.

«Особая роль в комплексной системе безопасности сложных технических систем, в принятии оптимальных и своевременных управленческих решений по предотвращению возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, отводится информационным системам мониторинга» [2]. Проектирование и исследование информационных систем мониторинга должно основываться на использовании «комплекса математических моделей элементов и взаимодействий между ними в зависимости от уровня иерархии, степени декомпозиции системы, а также целей и задач проводимого исследования» [3].

В качестве основного математического аппарата информационных систем мониторинга сложных технических систем могут быть выбраны обладающие необходимым потенциалом марковские и полумарковские процессы, а также их обобщения. В настоящее время доказана целесообразность применения марковских и полумарковских моделей при решении многих вопросов надежности и безопасности полетов воздушных судов: определении состояния газотурбинных двигателей [1], описании управляемых процессов поддержания летной годности [4], моделировании процесса технической эксплуатации [5], моделировании

функциональных систем авионики [6] и др.

Рассмотрим общий подход к построению полумарковской модели функционирования системы «объект мониторинга (летательный аппарат) – информационная система мониторинга». Под обобщенным показателем безопасности будем понимать вероятность отсутствия отказа объекта мониторинга в произвольный момент времени в процессе эксплуатации.

Процесс контроля технического состояния летательного аппарата характеризуется временем контроля tk и периодичностью Tk . В системе возможны ложные и необнаруженные отказы, возникающие с условными вероятностями $P_{ло}$ и $P_{но}$. В случае отказа производится восстановление объекта мониторинга за время $tв$. Объект мониторинга находится в рабочем состоянии в течение времени tp , а в состоянии ожидания – в течение времени $tnep = tp(1 - Ku)/Ku$, где Ku – коэффициент использования [7].

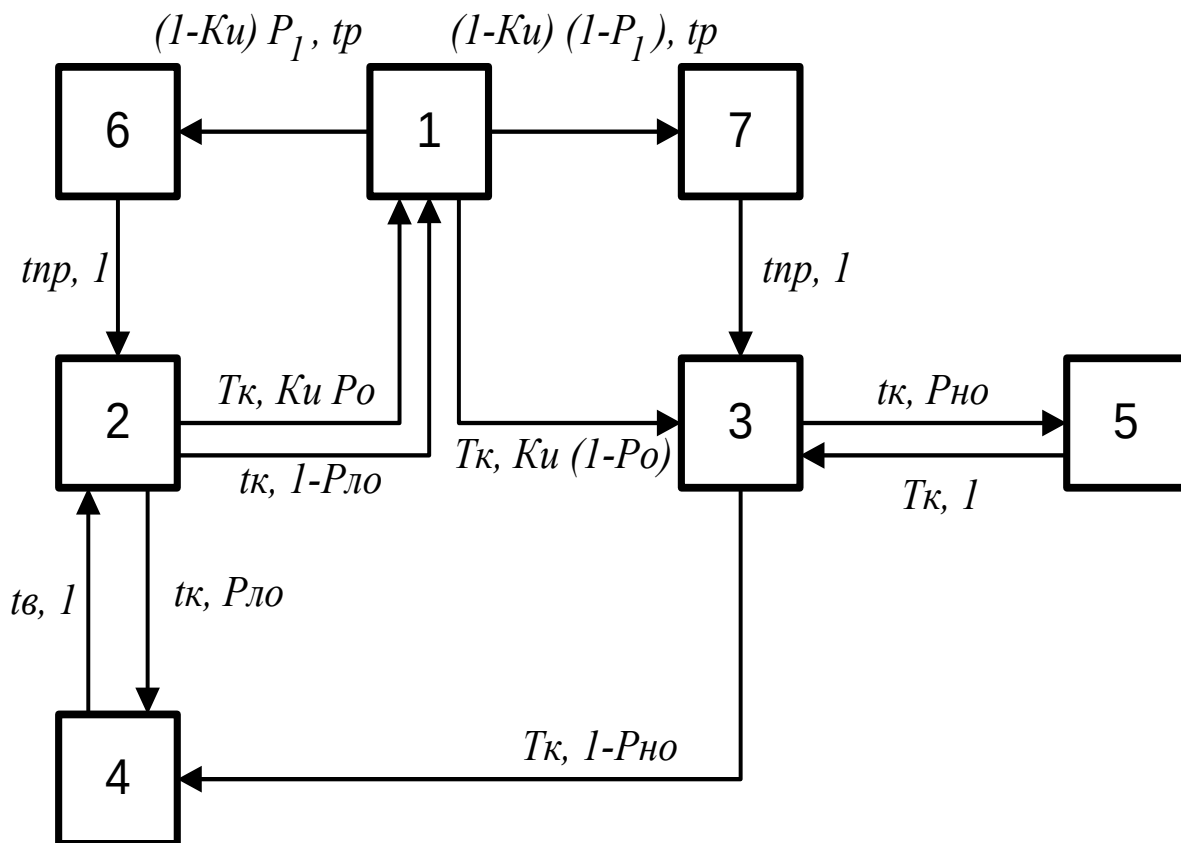


Рисунок – Граф переходов

Вершинам графа переходов (рис. 1) соответствуют следующие состояния:

- 1 – объект мониторинга работоспособен, используется по назначению;
- 2 – контроль технического состояния работоспособного объекта мониторинга;
- 3 – контроль технического состояния неработоспособного объекта мониторинга;
- 4 – восстановление объекта мониторинга;
- 5 – объект мониторинга используется по назначению в состоянии отказа;
- 6 – объект мониторинга находится в состоянии ожидания, отказ отсутствует;
- 7 – объект мониторинга находится в состоянии ожидания при наличии отказа.

Матрица переходных вероятностей полумарковского процесса [8]:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & Ku \cdot P_0 & Ku \cdot (1 - P_0) & 0 & 0 & (1 - Ku) \cdot P_1 & (1 - Ku) \cdot (1 - P_1) \\ 1 - P_{ло} & 0 & 0 & P_{ло} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 - P_{но} & P_{но} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Ku & 0 & 0 & 0 & 1 - Ku \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

где $P_0 = \exp(-T_k/T_o)$, $P_1 = \exp(-tp/T_o)$.

Система алгебраических уравнений полумарковского процесса [9]:

$$\begin{cases} \pi_1 = (1 - P_{ло}) \cdot \pi_2 \\ \pi_2 = Ku \cdot P_0 \cdot \pi_1 + \pi_4 + \pi_6 \\ \pi_3 = Ku \cdot (1 - P_0) \cdot \pi_1 + Ku \cdot \pi_5 + \pi_7 \\ \pi_4 = P_{ло} \cdot \pi_2 + (1 - P_{но}) \cdot \pi_3 \\ \pi_5 = P_{но} \cdot \pi_3 \\ \pi_6 = (1 - Ku) \cdot P_1 \cdot \pi_1 \\ \pi_7 = (1 - Ku) \cdot (1 - P_1) \cdot \pi_1 + (1 - Ku) \cdot \pi_5, \end{cases}$$

где π_i – стационарные вероятности пребывания системы в произвольный момент времени в i -м состоянии.

Решение системы с учетом того, что $\pi_1 = \pi_{\text{баз}}$ и $H_i = \pi_i / \pi_{\text{баз}}$ [8]:

$$H_1 = 1, H_2 = \frac{1}{1 - P_{ло}}, H_3 = \frac{Ku \cdot (1 - P_0) + (1 - Ku) \cdot (1 - P_1)}{1 - P_{но}},$$

$$H_4 = \frac{1}{(1 - P_{ло}) - Ku \cdot P_0 - (1 - Ku) \cdot P_1}, H_5 = \frac{P_{но}}{(1 - P_{но}) \cdot (Ku \cdot (1 - P_0) + (1 - Ku) \cdot (1 - P_1))}.$$

Средние времена пребывания процесса в каждом состоянии:

$$V_1 = Ku T_k + (1 - Ku) \cdot tp, V_2 = t_k, V_3 = t_k, V_4 = t_v,$$

$$V_5 = Ku T_k + (1 - Ku) \cdot tp, V_6 = t_n, V_7 = t_n.$$

Выражение для показателя безопасности эксплуатации воздушных судов [8]:

$$Пб = \frac{Ku \cdot T_o \cdot (1 - P_0) + (1 - Ku) \cdot T_o \cdot (1 - P_1)}{\sum_{i=1}^4 A_i T_i},$$

где $T_1 = t_k$, $T_2 = t_v$, $T_3 = T_k$, $T_4 = tp$,

$$A_1 = \frac{1}{1 - P_{ло}} + \frac{1}{1 - P_{но}} \cdot (Ku \cdot (1 - P_0) + (1 - Ku) \cdot (1 - P_1)),$$

$$A_2 = \frac{1}{1 - P_{\text{ло}}} - Ku \cdot P_0 - (1 - Ku) \cdot P_1,$$

$$A_3 = Ku + \frac{P_{\text{но}}}{1 - P_{\text{но}}} \cdot (Ku \cdot (1 - Ku \cdot P_0 + Ku \cdot P_1 - P_1)), \quad A_4 = \frac{1 - Ku}{1 - P_{\text{но}}}.$$

Разработанная модель позволяет обеспечить требуемый уровень безопасной эксплуатации воздушных судов за счет поддержания объекта мониторинга в работоспособном состоянии путем своевременного, оперативного и достоверного контроля технического состояния, поиска места отказа, проведения мероприятий по техническому обслуживанию, ремонту и т.д. Предложенный подход может служить основой для разработки более сложных моделей функционирования комплексной системы «объект мониторинга – информационная система мониторинга» при решении различных вопросов безопасности полетов, а также быть использован в образовательном процессе высших учебных заведений при реализации прикладной направленности обучения математическим дисциплинам [10, 11].

Список литературы

1. Куликов Г.Г., Арьков В.Ю., Абдулнагимов А.И. Нечеткие иерархические марковские модели для контроля и диагностики газотурбинных двигателей // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2012. Т. 16. № 6(51). С. 100–107.
2. Калинина Е.С., Еременко С.П. Мониторинг как инструмент безопасности сложных технических систем // В сборнике: Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России. 2017. С. 156–160.
3. Калинина Е.С. Вопросы математического моделирования в задачах безопасности сложных технических систем // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 4(24). С. 12–16.
4. Ицкович А.А., Смирнов Н.Н., Файнбург И.А. Проверка адекватности полумарковской модели управляемых процессов поддержания летной годности воздушных судов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2012. № 178. С. 71–77.
5. Афанасьев В.Ю., Марков К.Н., Чупряков П.С., Винокуров К.Н., Фурманова Е.А. Моделирование процесса технической эксплуатации воздушных судов для оценки эффективности управления // Решетневские чтения. 2013. Т.1. № 17. С. 356–358.
6. Кузнецов С.В. Математические модели процессов и систем технической эксплуатации бортовых комплексов и функциональных систем авионики // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2017. Т. 20. № 1. С. 132–140.
7. Дайнеко С.Г. Оценка достоверности контроля сложных многопараметрических объектов диагностирования // Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции. ВМирЭ. СПб. 2001. С.73–79.
8. Дайнеко С.Г. Марковские процессы в моделировании СТД // Петербургский журнал электроники. 1997. № 2(15). С. 43–47.
9. Мозгалецкий А.В., Койда А.Н. Вопросы проектирования систем диагностирования. Л: Энергоатомиздат. 1985. 112 с.
10. Власов Д.А., Синчуков А.В. Стратегия развития методической системы математической подготовки бакалавров // Наука и школа. 2012. № 5. С. 61–65.
11. Власов Д.А., Синчуков А.В. Новое содержание прикладной математической подготовки бакалавра // Преподаватель XXI век. 2013. № 1–1. – С. 71–79.

АНАЛИЗ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Пономарев Виктор Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, lapa100361@rambler.ru

Максимов Владимир Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38

Прокофьев Антон Сергеевич – магистрант Высшей школы аэронавигации
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, ProkfAS@gmail.com

Аннотация. Проанализированы системы наблюдения, которые применяются при аэродромном диспетчерском обслуживании. Определены функции и задачи систем наблюдения, особенности работы диспетчера. Рассмотрены особенности технических средств: автоматического зависимого наблюдения, видеонаблюдения, тепловизионных средств.

Ключевые слова: системы наблюдения, обслуживание воздушного движения, аэродромное диспетчерское обслуживание, АЗН-К, видеонаблюдение, тепловизор.

ANALYSIS OF AIR TRAFFIC CONTROL SURVEILLANCE SYSTEMS

Ponomarev Victor V. – PhD in Engineering, Associate Professor, Chair "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, lapa100361@rambler.ru

Maksimov Vladimir A. – PhD in Engineering, Associate Professor, Chair "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation

Trush Alexandr A. – graduate student of High School of Aeronavigation
Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, TAA.Nij@gmail.com

Abstract. Analyzed surveillance systems, which are used in aerodrome control service. The functions and tasks of monitoring systems, the features of the dispatcher. The peculiarities of technical equipment: automatic dependent surveillance, CCTV, thermographic cameras.

Keywords: surveillance systems, air traffic services, airfield dispatching service, ADS-K, video surveillance, thermographic camera.

При обслуживании воздушного движения (ОВД) источником информации являются системы наблюдения. Они используются при аэродромном диспетчерском обслуживании для выполнения следующих функций [1–3]:

а) контроля траектории полета воздушных судов (ВС) на конечном участке захода на посадку;

б) контроля траектории полета других воздушных судов, находящихся в диспетчерской зоне аэродрома и его окрестностях, и установлению предусмотренного эшелонирования;

в) оказания содействия в навигации воздушным судам, выполняющим полет по правилам визуальных полетов (ПВП).

При векторении воздушных судов, выполняющих полет по ПВП, необходимо проявлять осторожность, с тем, чтобы соответствующие воздушные суда случайно не оказались в приборных метеорологических условиях.

Предписывая условия и правила использования систем наблюдения ОВД при предоставлении аэродромного диспетчерского обслуживания, поставщик аэронавигационных услуг обеспечивает, чтобы имеющаяся система наблюдения ОВД использовалась не в ущерб визуальному наблюдению за аэродромным движением.

Радиолокатор управления наземным движением следует использовать в дополнение к визуальному наблюдению за движением на площади маневрирования и для обеспечения наблюдения за движением на тех участках площади маневрирования, которые не могут просматриваться визуально [4].

Информация, отображаемая на индикаторе радиолокатора управления наземным движением используется для [5, 6]:

- а) обеспечения контроля за ВС и транспортными средствами на площади маневрирования в части выполнения ими разрешений и указаний;
- б) определения незанятости взлетно-посадочной полосы (ВПП) перед посадкой или взлетом;
- в) получения информации об основном местном движении на площади маневрирования или вблизи нее;
- г) определения местоположения ВС и транспортных средств на площади маневрирования;
- д) передачи ВС информации о направлении руления по запросу пилота или на усмотрение диспетчера. За исключением особых обстоятельств, например, аварийной обстановки, такую информацию не следует передавать в форме специальных указаний о направлении движения;
- е) предоставления помощи и рекомендаций аварийно-спасательным транспортным средствам.

Информация, отображаемая на индикаторе воздушной обстановки, может быть использована для предоставления опознанным ВС [7]:

- а) информации о любых наблюдаемых воздушных судах, которые следуют по траектории, ведущей к возникновению конфликтной ситуации с другими опознанными ВС, а также предложений или рекомендаций в отношении действий по предотвращению столкновения;
- б) информации о местоположении особых явлений погоды и если это целесообразно рекомендаций ВС в отношении наилучших вариантов обхода любых таких районов с неблагоприятными погодными условиями;
- в) информации, призванной помочь пилоту ВС в выполнении его функций по самолетоуправлению.

Для осуществления обслуживания воздушного движения с использованием для наблюдения средств контрактного автоматического зависимого наблюдения (АЗН-К) орган ОВД устанавливает план передачи донесений, который определяет условия передачи донесения АЗН-К с воздушным судном на передачу с борта воздушного судна периодических или нерегулярных донесений о местоположении. План передачи донесений с воздушным судном устанавливается до достижения пункта передачи обслуживания воздушного движения. Последующие изменения в отдельные планы передачи донесений вносятся на усмотрение диспетчера с учетом преобладающих условий воздушного движения и сложности воздушного пространства [7, 8].

Передача обслуживания воздушного движения между соседними органами ОВД, предоставляющими обслуживание АЗН-К, осуществляется таким образом, чтобы такое обслуживание не нарушалось. Если принимающий орган ОВД не в состоянии установить план передачи донесений, передающий орган ОВД уведомляется об этом.

Для отображения отметок о местоположении воздушного судна в зависимости от источника используются разные символы, полученные на основе:

- 1) донесений АЗН-К о местоположении;
- 2) комбинированных данных донесений АЗН-К с информацией из других источников наблюдения, или
- 3) экстраполяции данных АЗН-К.

Устанавливается очередность представления донесений АЗН-К:

- 1) аварийные и/или срочные донесения АЗН-К;
- 2) нерегулярные донесения АЗН-К или донесения АЗН-К по запросу;
- 3) периодические донесения АЗН-К.

Существуют определенные методы обзора рабочей площади аэродрома:

- традиционный визуальный метод из КДП;
- с использованием средств видео технологий;
- с использованием радиолокационных станций и систем наблюдения, использующих технологию мультилатерации.

При визуальном методе наблюдение за движением авиационной и автомобильной техники на рабочей площади осуществляется диспетчером командно-диспетчерского пункта аэродрома и так же получают доклады о состоянии ВПП от лиц аэродромной службы.

При использовании средств видео наблюдения диспетчер получает большую осведомленность и функциональность.

Выходит, что даже на больших площадях, оснащенных необходимым количеством камер, не требует большого штата работников для наблюдения за объектами. Довольно одного автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера, на которое приходят сообщения о нештатных ситуациях. Диспетчер имеет возможность без помощи кого-либо подвергнуть их обработке и принять решение.

Система видеонаблюдения имеет следующие функции [7, 9, 10]:

- возможность распознавание объектов, таких как люди, техника, различные предметы, дым, пламя;
- автоматическое обнаружение объектов и направление на них поворотных, имеющих возможность увеличения изображения, видеокамер;
- формирование в режиме реального времени основных сведений опознанных объектов;
- интеграция изображений видеокамер с ситуационными схемами наблюдаемого объекта, то есть проецирование движущихся целей на карту наблюдаемой территории;
- подача аудио или визуального сигнала диспетчеру в случае появления опасной ситуации.

Минусами такого метода является необходимость применения, в зависимости от площади территории, большого количества видеокамер.

Для повышения уровня безопасности обслуживания воздушного движения на рабочей площади аэродрома в неблагоприятных метеорологических условиях, а также работы в темное время суток перспективным направлением является внедрение тепловизионного оборудования, позволяющему повысить контроль за обстановкой. Охлаждаемый тепловизор кругового обзора (ОТКО) состоит из сенсорного механизма, который постоянно вращается со скоростью 1 об/сек, образуя панорамное изображение, для обеспечения покрытия в 360° по азимуту.

На сегодняшний день, ОТКО существует в 10 модификациях с различной дальностью обнаружения от 6 до 60 км, что дает возможность использовать данный охлаждаемый тепловизор на различных территориальных участках.

Наблюдение за движением по аэродрому осуществляется при помощи особых радиолокационных станций, собирающих данные об обстановке на площади аэродрома, а также малых высотах в несколько десятков метров и с помощью перспективных многопозиционных систем наблюдения.

Радиолокационные станции обзора летного поля необходимы, для обеспечения безопасности движения объектов по площади аэродрома в неблагоприятных метеорологических условиях, а также в любое время суток.

При выполнении своих операций станции решают следующие задачи: наблюдение за летательными аппаратами, заходящими на посадку с высоты 50 м и дальности 4 км от начала ВПП, за передвижением ВС по ВПП и рулежным дорожкам, контроль за взлетающими ВС, контролирование и наблюдение за передвижением специализированного аэродромного транспорта, пересекающим ВПП и движущимся по рулежным дорожкам, например во время отчистки поверхности. Недостатком являются воздействие атмосферных явлений, а также излучение, которое может влиять на электромагнитную совместимость.

Список литературы

1. Федеральные авиационные правила «Организация воздушного движения в Российской Федерации», утвержденные приказом Минтранса России от 25.11.2011 №293. 86 с.
2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич [под ред. С.А. Кудрякова]. Санкт-Петербург: Свое Издательство, 2016. 287 с.
3. Авиационная электросвязь. Том IV «Системы наблюдения и предупреждения столкновений». Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. ИКАО. Издание пятое. 2014. 232 с.
4. Авиационные правила. Часть 170, том II. Сертификационные требования к оборудованию аэродромов и воздушных трасс. МАК. Издание 3. 2013. 216 с.
5. Основы теории систем наблюдения / М.И. Ботов, С.А. Кудряков, В.А. Вяхирев, В.В. Девотчак. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. 456 с.
6. Сколник М.И. Справочник по радиолокации. Книга 1. Москва: Техносфера. 2014. 672 с.
7. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля за ним (A-SMGCS). ИКАО, документ 9830 AN/452, издание первое. 2004. 100 с.
8. Кульчицкий В.К., Мешалов Р.О., Рубцов Е.А. О методе повышения уровня информированности диспетчера о ситуации на летном поле как пути обеспечения требуемого уровня безопасности на воздушном транспорте//Актуальные проблемы защиты и безопасности, комплексная безопасность на воздушном транспорте. Труды XIX Всероссийской научно-практической конференции. 2016. Том 6. С.120–125.
9. Об утверждении федеральных авиационных правил «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации»: приказ Министерства транспорта РФ от 20 октября 2014 г. № 297. 86 с.
10. Систематизация алгоритмов обработки видеоинформации в системах видонаблюдения / Ш.С. Фахми, М.М. Еид, Е.В. Костикова, М.М. Альмахрук // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. СПб.: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2017. С.350–355.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ В РОССИИ

Кульчицкий Валерий Казимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, V-Kulchitskiy@mail.ru

Мешалов Роман Олегович – инженер радионавигации, радиолокации и связи
Санкт-Петербургский центр ОВД, филиал «Аэронавигация Северо-Запада», ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»

196210, Россия, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, д.37, к. 5, литера А,
Roman.Meshalov@mail.ru

Калинцев Андрей Сергеевич – магистрант Высшей школы аэронавигации
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, Kas4job@gmail.com

Аннотация. Существующая система наблюдения России строится на применении первичных и вторичных радиолокационных станций и комплексов. Эти средства не позволяют обеспечить требуемую скорость развития авиационной отрасли и быстро увеличить интенсивность полетов. Технология автоматического зависимого наблюдения может решить эти проблемы, однако применяемая в настоящее время линия передачи данных 1090ES обладает рядом существенных недостатков, ограничивающих внедрение новых средств.

Ключевые слова: безопасность полетов, системы наблюдения, АЗН-В, первичный радиолокатор, вторичный радиолокатор.

OSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE SURVEILLANCE SYSTEM IN RUSSIA

Kulchickiy Valeriy K. – Doctor of Technical Sciences, Head of the Chair "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, V-Kulchitskiy@mail.ru

Meshalov Roman O. – Engineer of radio navigation, radar and communication
Saint-Petersburg ATM center, branch "North-West Air Navigation", Federal State Unitary Enterprise "State ATM Corporation"

Pulkovskoe h., 37, k.5, lit. A, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, Roman.Meshalov@mail.ru

Kalincev Andrey S. – graduate student of High School of Aeronavigation
Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, Kas4job@gmail.com

Abstract. The existing surveillance system in Russia is based on the use of primary and secondary radar stations and complexes. These aids are not allowing to ensure the required speed of development of the aviation industry and quickly increase the intensity of flights. Automatic dependent surveillance technology can solve these problems, but the current 1090ES data link has a number of significant drawbacks that limit the introduction of new tools.

Keywords: flight safety, surveillance systems, ADS-B, primary radar, secondary radar.

Основными целями, которые преследуются при организации воздушного движения (ОрВД), являются повышение безопасности, экономичности и регулярности полетов. Эти критерии разноректорные – эффективность ограничивается безопасностью [1].

Стопроцентную безопасность обеспечить практически невозможно, поэтому используется понятие «Целевой уровень безопасности» (TLS – target level of safety). Его значение равно отношению количества катастроф по вине навигационных служб к общему количеству часов налета. По нормативным документам это значение в настоящее время составляет $15 \cdot 10^{-7}$. Если интенсивность воздушного движения увеличивается, то при заданном риске абсолютное число столкновений должно расти, однако, Международная организация гражданской авиации (ИКАО) поставила перед национальными аэронавигационными службами задачу, чтобы абсолютное число катастроф, по крайней мере, не увеличивалось при прогнозируемом росте интенсивности движения на 6% в год [2].

Повышать эффективность полетов нужно не только организационными методами, сколько разработкой и применением современных систем наблюдения. Наблюдение, наряду с навигацией и связью, является важнейшим элементом перспективной системы ОрВД и представляет собой процесс, посредством которого система ОрВД получает информацию относительно местоположения и других важных характеристик воздушных судов, и угроз, в частности погодных явлений, имеющих место в данной и соседних областях воздушного пространства [2, 3].

Методы наблюдения можно разделить на две группы: независимое некооперативное/кооперативное наблюдение, при котором местоположение каждого ВС определяется одним и тем же независимым средством (при кооперативном наблюдении требуется взаимодействие с бортовой аппаратурой, при некооперативном такое взаимодействие не требуется), а также зависимое наблюдение [2, 3].

Независимое некооперативное наблюдение – это прежде всего методы первичной радиолокации, независимое кооперативное – методы вторичной радиолокации. При зависимом наблюдении местоположение воздушного судна определяется непосредственно на борту каждого ВС с помощью имеющихся в наличии навигационных датчиков и передается по речевым радиоканалам или линиям передачи данных (ЛПД) на землю и окружающим воздушным судам для использования в целях организации воздушного движения. К этим методам относятся речевая передача экипажем сообщений о своем местоположении (неавтоматическое зависимое наблюдение), передача по каналу вторичной радиолокации барометрической высоты ВС, а также автоматическое зависимое наблюдение (АЗН) – вещательное и контрактное. Методы автоматического зависимого наблюдения, особенно АЗН-В, рассматриваются как наиболее перспективные в будущей системе ОрВД, обеспечивающие реализацию разрабатываемых в ИКАО новых концепций организации воздушного движения [2–4].

В существующей системе ОрВД наблюдение обеспечивается средствами первичной (ПОРЛ) и вторичной (ВОРЛ) обзорной радиолокации, которые определяют и передают в центр управления воздушным движением (УВД) информацию о воздушной обстановке в зоне наблюдения: координаты ВС (азимут, наклонная дальность), а по каналу ВОРЛ – дополнительную информацию о высоте полета ВС, бортовом номере и т.п. [2, 3, 5].

Первичный (обзорный) радиолокатор является независимым средством наблюдения и не требует установки на борту ВС дополнительного оборудования. Вторичный обзорный радиолокатор является кооперативным (взаимодействующим) средством наблюдения и требует установки на борту ВС приемоответчиков. При этом, в отличие от ПОРЛ обеспечивается устойчивое обнаружение ВС по всей зоне наблюдения независимо от метеоусловий, эффективной поверхности отражения ВС, характера поверхности и др. Очевидно, что, учитывая меньшие стоимости ВОРЛ по сравнению с ПОРЛ, а также тот факт, что подавляющее количество ВС, выполняющих регулярные полеты по трассам и маршрутам гражданской авиации, оснащены приемоответчиками, преимущества ВОРЛ по сравнению с ПОРЛ могут быть легко реализованы. Естественным вариантом наращивания функциональных возможностей наблюдения с сохранением преимущественности является внедрение средств адресной системы вторичной радиолокации (ВОРЛ режима S) [6].

В настоящее время Европейская часть воздушного пространства РФ на высоте 6000 м и выше практически полностью перекрыто полем ВОРЛ (98%). Однако в районах Сибири и Дальнего Востока степень перекрытия полем ВОРЛ значительно ниже (около 70%), а

на отдельных участках воздушных трасс разрывы в поле наблюдения составляют 500 и более километров. Развертывание дополнительных радиолокационных позиций связано со значительными организационными и материальными затратами, которые требуют, помимо прочего, и дополнительных сроков для их реализации [7].

В системах зависимого наблюдения местоположение ВС определяется на борту, и затем полученные данные передаются органу обслуживания воздушного движения (ОВД). Автоматическое зависимое наблюдение (АЗН) подразделяется на два основных типа [2]:

- АЗН-К – контрактное (ADS-A - Automatic Dependent Surveillance – Addressable);
- АЗН-В – вещательное (ADS-B Automatic Dependent Surveillance – Broadcast).

Для работы системы АЗН необходимо на борту иметь высокоточное и надежное радионавигационное оборудование, а между бортом и землей – высокопроизводительную систему связи «борт – земля». Функциональные возможности системы АЗН могут быть значительно расширены, если будут организованы автоматические каналы связи «земля – борт», а также наземные каналы связи между отдельными пунктами системы ОВД.

Контрактное АЗН не предназначено для замены существующих систем радиолокационного наблюдения, и его применение ограничивается областями воздушного пространства, где используются процедурные методы ОВД.

Технология АЗН-В предполагает радиовещательную передачу с борта воздушного судна данных о местоположении (широте и долготе), абсолютной высоте, скорости, опознавательного индекса воздушного судна и другой информации, получаемой от бортового радиоэлектронного оборудования. Каждое сообщение АЗН-В о местоположении содержит указание на качество данных, позволяющее службе организации воздушного движения определить, достаточен ли уровень целостности данных для обеспечения предполагаемой функции организации воздушного движения. Передаваемые данные могут отображаться на отдельном индикаторе или вводиться в автоматизированную систему, обрабатываться там и отображаться таким же образом, как и радиолокационные данные. Поэтому считается, что система АЗН-В сможет служить источником данных наблюдения в целях обеспечения ОВД таким же образом, как и в настоящее время радиолокатор [2, 7].

В настоящее время существуют три технологии реализации АЗН-В, прошедшие *процедуру* международной стандартизации, рекомендованные ИКАО: радиолокационные самолетные ответчики, работающие в режиме S с произвольным протоколом радиовещания (1090ES), ОБЧ линии цифровой связи VDL режима 4, использующем самоорганизующийся протокол с разделением во времени (VDL4), и приемопередатчики универсального доступа (UAT). 11-я Аэронавигационная конференция ИКАО рекомендовала использовать технологию 1090ES в качестве глобального решения для первоначальной реализации АЗН-В [8–10].

Развитие АЗН-В в России отражено в Программе «Внедрение средств вещательного автоматического зависимого наблюдения (2011–2020 годы)», утвержденной Минтрансом России 19.05.11. Целью Программы является глубокая модернизация системы наблюдения ОрВД на основе внедрения инновационных технологий АЗН-В, функционирующего на основе информации систем спутниковой навигации ГЛОНАСС и GPS, и предназначенного для использования в интересах ОВД и мониторинга ВС.

Задачи Программы:

- провести исследования и уточнить техническую архитектуру АЗН-В для реализации в единой системе ОрВД России;
- оснастить аэродромы наземными станциями АЗН-В;
- разместить дополнительные средства АЗН-В и поддерживающих систем для обеспечения потребностей пользователей в нижнем воздушном пространстве;
- разработать недостающие бортовые компоненты АЗН-В;
- разработать нормативные правовые документы, обеспечивающие создание и использование систем АЗН-В в целях ОрВД;
- обеспечить переход к современным технологиям ОрВД, основанным на внедрении средств АЗН-В.

Согласно Программе на первом этапе были реализованы пилотные проекты, в рамках которых были протестированы фрагменты наземной и бортовой инфраструктур АЗН-В.

На втором этапе, который длится до сих пор проводится реализация региональных проектов внедрения АЗН-В, которые являются продолжением и расширением пилотных проектов. Цели региональных проектов следующие: удовлетворение потребностей в бортовых («воздух – воздух») приложениях АЗН-В, отработка процедур/технологий и внесение изменений в нормативную правовую документацию.

После окончания второго этапа планируется перейти, к третьему, завершающему этапу. На нем предполагается внедрение АЗН-В на всей территории Российской Федерации, при этом в большей части воздушного пространства будет введено обязательное использование АЗН-В. Отдельные наземные станции АЗН-В будут объединяться в сеть, которая позволит сконцентрировать управление воздушным движением в соответствующих укрупненных центрах УВД. Понижение высоты обслуживания на основе АЗН-В осуществляется установкой ретрансляторов сообщений АЗН-В. Необходимость этого будет определяться потребностями авиакомпаний в осуществлении авиационных работ на малых высотах в данном географическом районе [7].

Важно отметить, что с выходом новой редакции Руководства по авиационному наблюдению (Дос.9924) встал вопрос о дальнейшем развитии технологии АЗН-В в России и по всему миру [8]. В этом документе ИКАО дает рекомендацию верифицировать данные полученные от АЗН с помощью других систем наблюдения: ВОРЛ, ПОРЛ, а также систем мультилатерации. Также ИКАО более не рекомендует применять АЗН-В в качестве единственного средства наблюдения из-за низкой помехозащищенности и открытости линии передачи данных 1090ES. Данное обстоятельство требует дополнительного анализа для принятия соответствующих решений по развитию систем наблюдения.

Список литературы

1. Управление воздушным движением / Т.Г. Анодина, С.В. Володин, В.П. Куранов, В.И. Мокшанов. М.: Транспорт. 1988. 229 с.
2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электро-связь / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич [под ред. С.А. Кудрякова]. Санкт-Петербург: Свое Издательство. 2016. 287 с.
3. Основы теории систем наблюдения / М.И. Ботов, С.А. Кудряков, В.А. Вяхирев, В.В. Девотчак. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2015. 456 с.
4. Международная организация гражданской авиации (ИКАО) ассамблея – 38-я сессия (Концепция спутникового приема данных автоматического зависимого наблюдения в режиме радиовещания (ADS-B)). – A38 – WP/132. Монреаль. 22 августа 2013 года. 5 с.
5. Сколник М.И. Справочник по радиолокации. Книга 2. Москва: Техносфера. 2014. 680 с.
6. Технические положения, касающиеся услуг режима S и расширенного сквиттера. Дос. 9871 AN/464. ИКАО. Издание первое. 2008. 246 с.
7. Трасковский А. Авиационная миссия Москвы: базовый принцип безопасного управления [Электронный ресурс]. – Авиапанорама: журнал. URL: <https://aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2008/08/16.pdf>.
8. Руководство по авиационному наблюдению. Дос. 9924. ИКАО. Издание второе. 2017. 372 с.
9. Руководство по приемопередатчику универсального доступа (UAT). Дос. 9861 AN/460. ИКАО. Издание второе. 2012. 306 с.
10. Manual on VHF Digital Link (VDL) Mode 4. Doc. 9816 AN/448. ICAO. Second edition, 2012. – 82 p.

ПРИМЕНЕНИЕ СИММЕТРИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В НИЖНЕВАРТОВСКОМ ЦЕНТРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Пономарев Виктор Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, lapa100361@rambler.ru

Григорьев Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиоэлектронных систем

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38

Труш Александр Алексеевич – магистрант Высшей школы аэронавигации
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
196210, Россия, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д. 38, TAA.Nij@gmail.com

Аннотация. В статье производится анализ электроснабжения объектов аэродрома. В качестве примера рассмотрен Нижневартровский центр обслуживания воздушного движения. Рассмотрена проблема обеспечения симметрирования фаз с помощью симметрирующих трансформаторов. Определены положительные и отрицательные стороны данного предложения.

Ключевые слова: электроснабжение аэродрома, объекты радиотехнического обеспечения полетов, симметрирующий трансформатор.

THE USE OF BALUN TRANSFORMER TECHNOLOGY TO ENSURE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY IN NIZHNEVARTOVSK AIR TRAFFIC CONTROL CENTER

Ponomarev Victor V. – PhD in Engineering, Associate Professor, Chair "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, lapa100361@rambler.ru

Grigoriev Sergey V. – PhD in Engineering, Associate Professor, Chair "Radio- Electronic systems"

Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation

Trush Alexandr A. – graduate student of High School of Aeronavigation

Saint-Petersburg state University of civil aviation
Pilotov str., 38, St. Petersburg, 196210, Russian Federation, TAA.Nij@gmail.com

Abstract. The article analyzes the power supply of the airfield facilities. As an example, the Nizhnevartovsk center of air traffic control is considered. The problem of ensuring the balancing of phases with balun transformers. The positive and negative sides of this proposal are defined.

Keywords: power supply of airfield, objects of radio engineering support of flights, balun transformer.

Проблема обеспечения надежности электроснабжения стоит перед службой эксплуатации радиотехнического оборудования и связи (ЭРТОС) довольно остро, поскольку ряд объектов требует наличия вводов от двух независимых линий электропитания [1–3].

На самих объектах службы ЭРТОС необходимо соблюдать принцип пропорциональных нагрузок для исключения случаев несимметричных фаз [4].

Электроснабжение объектов Нижневартковского центра обслуживания воздушного движения (ОВД) филиала «Аэронавигация Севера Сибири» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» осуществляется через сетевую организацию АО «Тюменьэнерго» НВЭС, опосредованно подключены к сетям собственника энергопринимающих устройств АО «Нижневартовскавиа».

Электроснабжение трансформаторных подстанций (принадлежность АО «Нижневартовскавиа») к которым подключены объекты центра ОВД, расположены на территории аэродрома на следующих объектах [5, 6]:

- 1) командно-диспетчерском пункте (КДП);
- 2) курсовом радиомаяке (КРМ) направлений 27° и 207° – КРМ-027 и КРМ-207;
- 3) глиссадном радиомаяке (ГРМ) направлений 27° и 207° – ГРМ-27 и ГРМ-207;
- 4) автоматическом радиопеленгаторе (АРП);
- 5) обзорном радиолокаторе аэродромном (ОРЛ-А);
- 6) обзорном радиолокаторе трассовом (ОРЛ-Т);
- 7) стартовый диспетчерский пункт (СДП);
- 8) совмещенном объекте: радиомаяке азимутальном и радиомаяке дальномерном (РМА/РМД).

Электроснабжение указанных объектов осуществляется по кольцевой схеме по двум резервируемым вводам с напряжением 6 кВ от двух подстанций (п/с Нижневартовская, п/с Мегионская).

Из общего числа электроустановок энергетического хозяйства принадлежащих АО «Нижневартовскавиа» - шесть трансформаторных подстанций; четыре высоковольтных кабельных линий 6кВ работают исключительно в целях электроснабжения объектов радиотехнического обеспечения полетов (РТОП) и авиационной электросвязи (АЭС) Нижневартковского ОВД.

Состояние распределительных устройств и коммутационного оборудования в целом удовлетворительное. Собственник энергопринимающих устройств АО «Нижневартовскавиа» планомерно производит замену, модернизацию и реконструкцию исчерпавших ресурс трансформаторных подстанций, высоковольтных КЛ и ВЛ.

В целях поддержания в исправном состоянии объектов электросетевого хозяйства и предупреждения аварий, персоналом АО «Нижневартовскавиа» ежегодно, согласно утвержденных графиков производственных работ, проводится техническое обслуживание трансформаторных подстанций и кабельных линий.

На таких объектах, как ближний приводной радиомаяк (БПРМ) резервным источником электроснабжения служат дизельные электростанции (ДЭС) Inmesol AL-020 (16 кВт). На таких объектах, как дальний приводной радиомаяк (ДПРМ) резервным источником электроснабжения служит ДЭС Inmesol AL-011 (8 кВт). Данные ДЭС оснащены трехфазными дизель-генераторами. После ввода в эксплуатацию приводной радиостанции (ПРС) АРМ-150МА к щитам гарантированного электроснабжения объектов подключены только однофазные электроприемники. Включение в работу отдельных электроприемников не взаимосвязано, поэтому обеспечить равномерную нагрузку по фазам невозможно. В результате, при работе от дизель-генератора, ДЭС уходят в аварию по перекосу фаз.

В четырехпроводных электрических сетях 0,4 кВ России в основном используются трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда–звезда–ноль» (Y/Y_n). Однако эти самые дешевые в изготовлении трансформаторы в эксплуатации экономичны лишь при симметричной нагрузке фаз. Реально же в сетях с большим удельным весом однофазных нагрузок равномерность их подключения во времени пофазно нарушается и потери электрической энергии в таких трансформаторах и линиях резко возрастают. Лучше ситуация при применении трансформаторов со схемой «звезда–зигзаг–ноль» (Y/Z_n), но цена их значительно боль-

ше. Потери короткого замыкания P_k трансформатора Y/Y_n зависят от величины тока в нулевом проводе и с его увеличением резко растут. Этот рост обусловлен появлением потоков нулевой последовательности (F_0) в магнитных системах трехфазных трансформаторов Y/Y_n , создаваемых токами небаланса $I_{нб}$ (равными $3 \cdot I_0$), протекающими в нулевом проводе сети [7, 8]. Контроль характеристик линий электропередач (по крайней мере до вводного трансформатора объекта) можно осуществлять методами теплографии [9].

Потоки нулевой последовательности F_0 носят характер потоков рассеяния, аналогичных потокам короткого замыкания $F_{кз}$, но по величине они значительно больше, о чем, в частности, позволяют судить соотношения полных сопротивлений Z_0 и $Z_{кз}$. Экспериментальные данные показывают, что Z_0 больше $Z_{кз}$ в 5–8 раз, а для некоторых конструкций трансформаторов в 12 и более раз.

Отсюда неизбежным последствием неравномерности нагрузки фаз в сетях с трансформаторами Y/Y_n является резкое искажение системы фазных напряжений (на практике это называют смещением нулевой точки). Как результат – увеличение потерь и в линиях 0,4 кВ. Искажение фазных напряжений в реальных условиях эксплуатации нередко вызывает их отклонение, уже на низковольтных вводах трансформатора значительно превышающее нормы ГОСТ. В конце линий, по данным исследований, это отклонение напряжений приблизительно в два раза больше. При указанном качестве питания потребителей повышение в них уровня потерь электроэнергии и отказов в работе вполне естественно. К сожалению, до настоящего времени целенаправленных работ по данным вопросам проводилось недостаточно, хотя, как показывает практика, экономический урон от искажения напряжений у потребителей огромен [7, 8].

Завышение установленной мощности трансформаторов Y/Y_n сверх требуемой по расчету (для понижения несимметрии напряжения) дает незначительный эффект, но вместе с тем при этом резко повышается уровень потерь электроэнергии в сети. Кроме того, токи нулевой последовательности при несимметрии нагрузки в магнитной системе трансформатора Y/Y_n создают потоки нулевой последовательности, которые, замыкаясь через его бак, дно, крышку, разогревают их, ухудшая охлаждение активной части. Это повышает температуру изоляции обмоток сверх нормы, и трансформатор, при суммарной нагрузке ниже номинальной, оказывается перегруженным. Такое положение объективно вызывает необходимость увеличения номинальной мощности трансформатора на одну, а иной раз на две ступени больше расчетной со всеми вытекающими последствиями.

Для устранения указанных недостатков разработано и все более активно начинает применяться специальное симметрирующее устройство (СУ), которое встраивается в трансформатор со схемой Y/Y_n . Симметрирующее устройство представляет собой отдельную обмотку, уложенную в виде бандажа поверх обмоток высокого напряжения трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y_n . Обмотка симметрирующего устройства рассчитана на длительное протекание номинального тока трансформатора, т.е. на полную номинальную однофазную нагрузку.

Рассмотрим преимущества использования технологии симметрирования фаз. В первую очередь, симметрирование фаз позволяет повысить экономичность, за счет того, что происходит [7, 8]:

- снижение уровня энергопотребления из сети при сохранении нагрузки;
- снижение расходов на электроэнергию для питания электроприемников;
- снижение расходов электроэнергии и других ресурсов на обеспечение необходимой величины фазных напряжений;
- снижение расходов на топливо, масло, охлаждающую жидкость при питании от генератора;
- снижение расходов на генератор, так как технология позволяет использовать генератор меньшей мощности для той же группы приборов;
- снижение расходов на ремонт, сервисное обслуживание, приобретение электроприемников, поврежденных вследствие перекоса фаз;

– снижение расходов на ремонт, сервисное обслуживание, приобретение устройств, предназначенных для обеспечения заданной величины напряжения и обладающих низкой надежностью и низкой эффективностью (например, электромеханических и электронных трехфазных стабилизаторов напряжения).

– обеспечение возможности подключать фазных потребителей мощностью до 50% трехфазной мощности.

Повышается надежность электроприемников, повышается их защита, обеспечение их устойчивой и безотказной работы. Надежность устройства для симметрирования фазных нагрузок и устранения перекоса фазных напряжений.

Принцип работы устройства основан на перемагничивании обмоток. Отсутствие подвижных и электронных частей делает устройство исключительно надежным, практически безотказным. Надежность источника электроэнергии. Защита генератора от механических повреждений подшипников валов генератора и приводного двигателя вследствие перекоса фаз.

Применение симметрирующих трансформаторов позволит повысить надежность системы резервного электроснабжения объектов РТОП и АЭС выравнивать напряжение не на каждой из фаз по отдельности, а симметрировать фазы между собой, то есть симметрировать всю трехфазную систему.

Технология симметрирования допускает 100% перекос нагрузки и устраняет перекос фазных напряжений во всем диапазоне их изменений независимо от причины перекоса: перекос в подводящей питающей сети, вызванный неисправностями в распределительной сети, неравномерное распределение фазных нагрузок.

Список литературы

1. Авиационные правила. Часть 170, том II. Сертификационные требования к оборудованию аэродромов и воздушных трасс. МАК. Издание 3. 2013. 216 с.
2. Об утверждении федеральных авиационных правил «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации»: приказ Министерства транспорта РФ от 20 октября 2014 г. № 297. 86 с.
3. Блохин В.И. Основы проектирования аэропортов. М.: Транспорт. 1985. 208 с.
4. Гладыш И.С., Андреев П.Л. Электроснабжение аэропортов: учеб. пособие. М.: Транспорт. 1991. 239 с.
5. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич [под ред. С.А. Кудрякова]. Санкт-Петербург: Свое Издательство. 2016. 287 с.
6. Руководство по управлению безопасностью полетов. Doc. 9859 AN/474. ИКАО. Издание третье. 2013. 300 с.
7. Анищенко В.А. Надежность систем электроснабжения: учебное пособие. Минск: Технопринт. 2001. 264 с.
8. Башлыков А. Проектирование систем принятия решений в энергетике. М.: Энергоатомиздат. 1986. 273 с.
9. Чирич Р., Крунич Т. Использовании теплографии для повышения надежности высоковольтных линий электропередач // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. СПб.: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2016. Том 2. С. 27–32.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАССАЖИРОВ ПО КАТЕГОРИЯМ РИСКА

Волков Андрей Константинович – ассистент кафедры обеспечения авиационной безопасности

ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева,

432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского 8/8, oabuvauga@mail.ru

Волков Александр Константинович – старший преподаватель кафедры обеспечения авиационной безопасности

ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева,

432071, Россия, Ульяновск, ул. Можайского 8/8, oabuvauga@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы разработки и внедрения системы сбора, обработки персональных данных авиапассажиров и ее применения для их дифференциации по категориям риска. В рамках данной работы предлагается использовать комплексный подход к анализу данных пассажиропотока, основанный на методах интеллектуального анализа данных. Предлагается внедрить гибридные алгоритмы, позволяющие учесть различные характеристики потенциально опасного пассажира и принять качественное решение на основе глубокого анализа.

Ключевые слова: авиационная безопасность, досмотр, предварительный анализ данных пассажира, риск, обнаружение аномалий, обнаружение злоупотреблений, цифровая идентификация, блокчейн.

ANALYSIS OF APPROACHES TO THE APPLICATION OF DATA MINING FOR THE DIFFERENTIATION OF PASSENGERS BY RISK CATEGORIES

Volkov Andrei K. – assistant of Department of providing of aviation security

Ulyanovsk Civil Aviation Institute

Mozhaisky street, 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru

Volkov Alexander K. – assistant professor of Department of providing of aviation security

Ulyanovsk Civil Aviation Institute

Mozhaisky street, 8/8, Ulyanovsk, 432071, Russian Federation, oabuvauga@mail.ru

Abstracts. The questions that will be discussed: development and implementation of a system for collecting and processing personal data of air passengers and using it to differentiate them into risk categories. In this work will be used complex approach for data analysis of passenger traffic based on data mining techniques. It is proposed to introduce hybrid algorithms that allow taking into account various characteristics of potentially dangerous passenger and make a quality decision based on in-depth analysis.

Key words: aviation safety, screening, air passenger prescreening, risk, anomaly detection, abuse detection, digital identification, blockchain.

Международная ассоциация воздушного транспорта (IATA) и Международный совет аэропортов (ACI) разрабатывают рекомендации по совершенствованию организации систем досмотра аэропортов, в которых предполагается, что пассажиры будут проходить через контрольно-пропускные пункты досмотра с минимальными неудобствами, когда ресурсы безо-

пасности распределяются на основе рисков и где средства аэропортов оптимизированы, таким образом, что бы способствовать улучшенной обработке пассажиропотока их багажа и груза.

Досмотр пассажиров представляет собой процедуру проверки пассажиров в целях выявления запрещенных к воздушной перевозке предметов и веществ. К недостаткам существующей системы досмотра в аэропортах можно отнести: негативное влияние человеческого фактора, высокие материальные затраты на внедрение и эксплуатацию различных технических средств досмотра, а также ограниченная пропускная способность. Одним из способов совершенствования системы досмотра стала разработанная ИАТА концепция, предполагающая разделение потока пассажиров на 3 коридора (линии) досмотра по уровню их потенциального риска [1]. Данная концепция предполагает организацию авиационной безопасности на основе рисков, то есть – это концепция применения различных мер в зависимости от оцениваемого уровня риска. В контексте функционирования пункта досмотра пассажиров это может означать изменение способа их досмотра в зависимости от ряда факторов.

В некоторых государствах уже внедрены модели дифференциации на основе рисков, основанные на информации, хранящихся в различных базах данных, в то время как другие заинтересованные государства только лишь рассматривают возможные модели дифференциации для своих существующих и будущих потребностей. Особо стоит отметить внедренную с октября 2004 года Управлением безопасности на транспорте (Transportation Security Administration, TSA) компьютеризированную систему предварительного анализа данных пассажира (the computer-assisted passenger prescreening system, CAPPS) [2]. Функциональной концепцией системы CAPPS является идентификация «высокорисковых» пассажиров на основе определенных характеристик, обнаруженных в записи имени пассажира (Passenger Name Record, PNR).

Актуальность задачи разработки и внедрения системы сбора, обработки персональных данных авиапассажиров и ее применения для категорирования пассажиров по категориям риска нашла отражение в программе инновационного развития ПАО «Аэрофлот» где она является одним из основных мероприятий инновационной деятельности [3].

Для реализации предлагаемой ИАТА концепции необходимо решить две основные задачи: во-первых, провести идентификацию пассажира по прибытию в аэропорт; во-вторых, согласно имеющимся данным о пассажире оценить степень его потенциального риска.

Несмотря на разнообразие различных подходов [4, 5] к реализации первой задачи наиболее перспективной в настоящее время в условиях глобального информационного общества лежит цифровая идентификация пассажиров, которая характеризуется применением технологии блокчейн. Она будет включать в себя информацию о документе, удостоверяющем личность, перевозочных документах и биометрическую идентификацию [6]. Совокупность представленных компонентов составляет «Единый токен пассажира». Токен представляет собой базу цифровой биометрической идентификации пассажира. Ввод биометрических данных пассажира происходит самостоятельно, путем сканирования лица и отпечатков пальцев. Эта технология была предложена в 2016 году шведской компанией SITA и получила название Smart Path («Умный путь») [7].

В качестве нормативно-правовой базы по регулированию распространению средств обмена информацией на основе технологии блокчейн в России могут рассматриваться нормы Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных», Федерального закона Российской Федерации от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» и Воздушного кодекса Российской Федерации (Федеральный закон Российской Федерации от 19.03. 1997 № 60-ФЗ). Согласно Воздушному кодексу перевозчик обязан обеспечить передачу данных пассажиров воздушных судов в автоматизированные централизованные базы персональных данных о пассажирах в соответствии с законодательством Российской Федерации о транспортной безопасности. Федеральный закон «О персональных данных» (ч. 2, ст. 11) позволяет осуществлять обработку биометрических данных без согласия субъекта персональных данных в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации о транспортной безопасности.

Для решения второй задачи ввиду схожести решаемых проблем в сфере информационной и авиационной безопасности в рамках данной работы при разработке систем предварительного анализа данных о пассажире предлагается применить методы обнаружения вторжений. В рамках исследований касающихся обнаружения атак на сетевые объекты выделяют две основные группы методов: обнаружение аномалий и обнаружение злоупотреблений [7]. Рассмотрим адаптацию данных подходов применительно к анализу предварительных данных пассажира.

Под аномалиями понимаются изменения в значениях показателей функционирования пассажиропотока, которые свидетельствуют, что объект анализа вышел из режима нормального функционирования, либо характеризуют значительные отклонения от существующих закономерностей, либо в принципе являются неприсущими для выделенных показателей.

Обнаружение аномалий в данных пассажиропотока заключается в следующем. В начале разрабатывается вектор показателей пассажиропотока на основе информации из Единой государственной информационной системы обеспечения транспортной безопасности. Полученный набор данных нормализуется и затем строится стандартный профиль активности пассажиропотока. В реальном режиме времени текущий набор показателей конкретного пассажира сравнивается со стандартным шаблоном активности пассажиропотока. В случае существенного отклонения от стандартизированных параметров делается вывод об аномалии. Иначе проводится уточнение существующего профиля нормального пассажиропотока. В качестве критериев оценки потенциального риска пассажира могут рассматриваться следующие: частота полетов в единицу времени; количество правонарушений; статус пассажира; характер оплаты билетов; статус региона вылета и назначения и др.

Предлагаемый подход предполагает различные варианты реализации, в частности можно применить вейвлет-анализ, статистический анализ, анализ энтропии, спектральный анализ, кластерный анализ [8]. В рамках данной работы предлагаются использовать методы кластерного анализа.

Для идентификации потенциального опасного пассажира, о профиле которого имеются точные представления применяются методы обнаружения злоупотреблений. В данном случае под шаблоном потенциально опасного пассажира понимается некоторая совокупность характеристик (правил сопоставления), явно описывающих возможного террориста. В качестве исходных данных также используется информация из единой базы данных. Значения текущих атрибутов направляются в модуль, который сравнивает вектор входных данных соответствующим правилам и в случае срабатывания одного из них формирует сигнал тревоги. На основе ретроспективных данных о совершенных террористических актах в качестве правила можно рассмотреть следующий пример: пассажир покупает билет в один конец и расплачивается наличными и место располагается рядом с топливными баками.

Для устранения недостатков представленных подходов наиболее перспективными представляются гибридные алгоритмы сочетающих обнаружение аномалий и злоупотреблений. В совокупности с применением интеллектуального анализа текста [9] это позволит строить когнитивные системы обеспечения авиационной безопасности [10].

Заключение. Таким образом, внедрение перспективных пунктов предполетного досмотра с учетом дифференциации пассажиропотока по степени риска и применение новейших технических средств досмотра позволит повысить эффективность обеспечения авиационной безопасности. Развитие дифференциации пассажиропотока обеспечит соответствие мер досмотра профилю риска каждого пассажира. В рамках данной работы предлагается использовать комплексный подход к анализу данных пассажиропотока, основанный на методах интеллектуального анализа данных. Предлагается внедрить гибридные алгоритмы, позволяющие учесть различные характеристики потенциально опасного пассажира и принять качественное решение на основе глубокого анализа.

Список литературы

1. Авиационная безопасность: инновационные технологии досмотра пассажиров и их багажа [Электронный ресурс] // Информационно-аналитический журнал РУБЕЖ. Ре-

жим доступа: <https://ru-bezh.ru/aleksandr-bochkarev/15528-ob-innovacionnyix-tekhnologiyax-budushhego-dosmotraaviapassazhi> (дата обращения 28.10.2018).

2. Krouse W.J., Elias B. Terrorist watchlist checks and air passenger prescreening, Report for Congress: Congressional research service, Washington, 2011, pp. 30.

3. Паспорт программы инновационного развития Группы Аэрофлот 2018 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.aeroflot.ru/media/aflfiles/category_pictures/about/pasport_programmy_innovatsionnogo_razvitiia_gruppy_2018.pdf (дата обращения 29.10.2018).

4. Маринцева К.В. Классификация средств механизации и автоматизации процессов обслуживания авиапассажиров // Транспортные системы и технологии перевозок. 2012. № 3. С. 56–60.

5. Колпаков А.В. Автоматическая система паспортного контроля на основе биометрических технологий / Н.Н. Чубуков, Т.В. Моисеева, С.А. Терехин, А.А. Мавзютов, Е.С. Столбецова, Д.Н. Копылов, И.Н. Спиридонов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2011. № 5. С.64–68

6. Тюкалова Н.М. Современная концепция цифровой идентификации авиапассажиров / Н.М. Тюкалова, А.А. Разувакин // Научный вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21 (4). С. 39–47.

7. Браницкий А.А. Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак / А.А. Браницкий, И.В. Котенко // Труды СПИИРАН. 2016. Вып. 2 (45). С. 207–244.

8. Шелухин О.И., Сакалема Д.Ж., Филинова А.С. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии). М.: Горячая линия – Телеком, 2013. 220 с.

9. Гладких А.А., Волков А.К., Сулимов Ю.В. Анализ подходов к построению когнитивных систем авиационной безопасности на основе методов интеллектуального анализа данных // Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии построения когнитивных транспортных систем», Санкт-Петербург. ИПТ РАН. 2018. С. 63–68.

10. Селиверстов Я.А., Чигур В.И. «ТЕХТ MINING» в интеллектуальных транспортных системах // Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии построения когнитивных транспортных систем». Санкт-Петербург. ИПТ РАН. 2018. С. 214–217.

УДК 539.12

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАЩИЩЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА STM32

Сазанов Арсений Михайлович – аспирант

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 21, arseny.sazanov@gmail.com

com

***Аннотация.** Статья посвящена разработке крипто протокола для организации и защищенной передачи данных с помощью GPRS трафика, с последующей имплементацией в микроконтроллер. Раскрыты основные проблемы защиты данных. Обоснованна актуальность использования таких микроконтроллеров в системах управления автономными квадрокоптерами. Представлена структура разработанного крипто протокола, схемы передачи данных, передача и прием тестового пакета с сервером.*

***Ключевые слова:** information security, crypto protocol, encryption algorithms.*

STUDY AND DEVELOPMENT OF A PROTOCOL FOR WIRELESS PROTECTED INFORMATION TRANSFER ON THE BASIS OF MICROCONTROLLERS OF STM32 FAMILY

Sazanov Arseny M. – graduate student
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University
Polytechnicheskaya, 21, St.Petersburg, 195251, Russia, arseny.sazanov@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the development of a crypto protocol for the organization and secure transmission of data using GPRS traffic, followed by implementation in the microcontroller. The main problems of data protection are revealed. The urgency of the use of such microcontrollers in the control systems of autonomous quadcopters is justified. The structure of the developed crypto protocol, data transfer schemes, transmission and reception of a test packet with the server are presented.

Keywords: transport system, structural and functional characteristics, transport infrastructure.

С развитием технологии “интернет вещей” (Internet of Things - IoT) и началом ее повсеместного использования, вопросы безопасного обмена данными становятся все более актуальными [1–3]. Уже сейчас существует огромное количество приложений (рис.1.), которые по определению должны обеспечивать высокую степень защиты данных.

При этом в каждом из перечисленных случаев необходимо защитить данные не только от кражи, но и от вредоносного изменения или природных помех [4]. Это достаточно сложная и нетривиальная задача, особенно когда речь заходит об использовании микроконтроллера (МК) в качестве клиента в таких приложениях.

Примером такой системы является система комплексной инерциальной навигации, разрабатываемая в рамках нашей научной группы на базе кафедры КСПТ. Апробация системы происходит с помощью автономных летающих дронов, которые передают данные с помощью GPRS трафика.

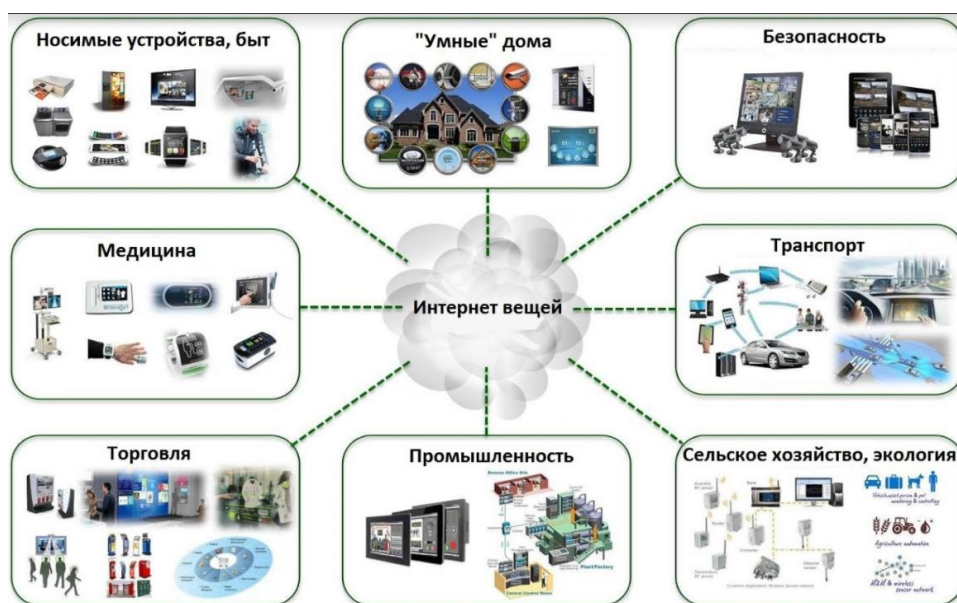


Рисунок 1 – сфера применения “Интернет вещей”

В ходе испытаний, встал вопрос обеспечения защиты передачи данных, как от помех, так и от целенаправленного воздействия злоумышленников (рис. 2.).

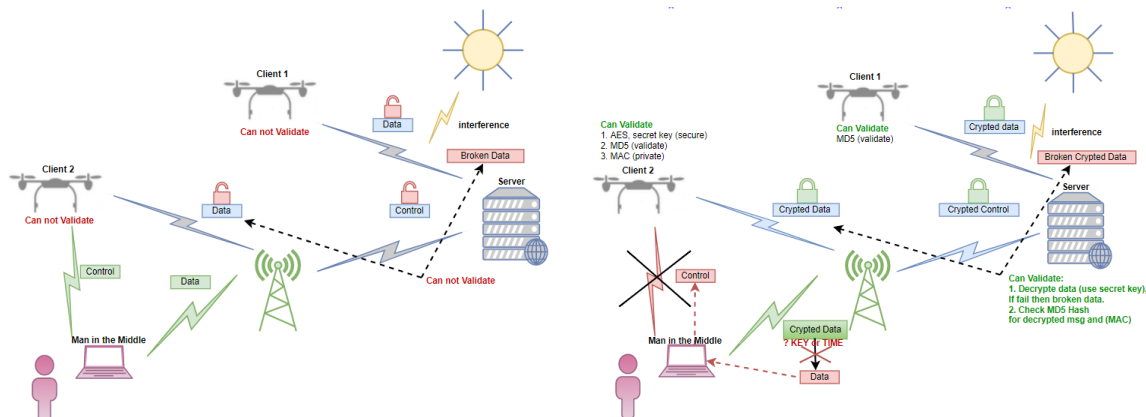


Рисунок 2 – схема передачи данных без использования крипто протокола и с использованием

Раньше вычислительных мощности, заложенные в МК, не позволяли создавать и использовать сложные крипто протоколы для защиты передаваемой информации. Данная работа посвящена восполнению пробела в данной области. В работе предлагается собственная версия крипто протокола для организации достоверной и защищенной передачи данных с помощью GPRS трафика.

Для тестирования протокола использовалась клиент-серверная архитектура. В качестве клиента использовались микроконтроллер STM32 семейства ARM, модуль GSM SIM800L с sim-картой с GPRS интернетом и программа клиента на языке Си. В качестве сервера использовался “виртуальный” (VPS) сервер с операционной системой Ubuntu Server 16.04.3 LTS (GNU/Linux 4.4.0-93-generic x86_64) и программа сервера на языке Go v. 1.8.3.

Для понимания логики построения протокола рассмотрим основные проблемы защиты данных[5]:

1. Целостность и достоверность данных.
2. Конфиденциальность данных.
3. Идентификация и аутентификация клиентов.

Для решения обозначенных проблем традиционно в основном используют:

1. Шифрование сообщений с помощью специальных алгоритмов и ключа шифрования.
2. Функции хеширования (свертки) — это особый вид односторонних функций, которые с помощью определенного алгоритма получают из исходного массива данных битовую строку заданной длины.

3. Код аутентификации сообщений MAC (Message Authentication Code) — это особый секретный ключ, известный только отправителю и получателю. Это позволяет получателю данных проверять целостность информации и идентифицировать отправителя. Если отправитель не имеет секретного ключа — хеш-код будет сформирован неверно, что легко обнаружит получатель.

В настоящий момент существуют надежные и проверенные функции и методы обеспечения безопасности, однако их имплементация во встраиваемых системах неудовлетворительна. Кроме того, многие решения проприетарные и требуют использования дорогостоящих высокопроизводительных МК. Поэтому была предпринята попытка разработки собственного универсального крипто протокола для решений поставленных задач, с учетом аппаратных ограничений, используемых МК. Передача осуществляется по средствам UDP дейтаграмм (при необходимости можно перейти на TCP).

Рассмотрим структуру крипто протокола для передачи данных между сервером и клиентом, представленную на рисунке 3.

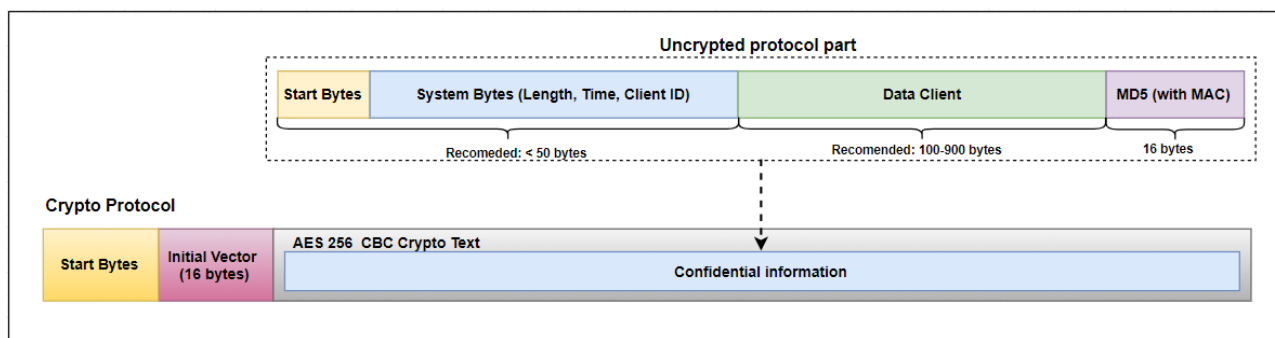


Рисунок 3 – структура разработанного крипто протокола

Исходя из соображений безопасности, конкретные поля протокола не приводятся, но даются общие рекомендации по построению блоков и рекомендации по длине важных блоков. Основная рекомендация не превышать в одном пакете длину Ethernet кадра, использовать минимальное возможное число полей. Все это обеспечит лучшую гарантию доставки сообщения посредством UDP дейтаграмм, и позволит уменьшить возможность ошибки (однако, не стоит забывать, что UDP не гарантирует доставку пакетов, поэтому если Вам это критически важно, стоит использовать в качестве транспорта TCP, однако в этом случае это уменьшит скорость передачи информации). В остальном структура протокола типична, и позволяет менять вид используемой функции шифрования и хэш функции. Обоснование методов защиты изложено в таблице 1.

Таблица 1 – Цели и использованные методы защиты в протоколе

Цель/Метод	Контроль целостности данных	Конфиденциальность	Идентификация и аутентификация
AES 256 CBC (Симметричное шифрование)	Нет	Да	Нет
MD5(хэш функция)	Да	Нет	Нет
MAC (код аутентификации)	Да	Нет	Да

Для возможности корректного приема данных МК важно обладать информацией о размере пакета данных, т.е. протокол должен либо иметь фиксированную длину, либо иметь старт-стоп последовательность, либо иметь старт последовательность и длина.

Исходя из особенностей задачи [6-7] в качестве алгоритма шифрования был выбран симметричный алгоритм AES 256 в режиме CBC (Cipher Block Chaining - Режим сцепления блоков шифротекста).

Причины выбора с точки зрения использования в МК:

- симметричные алгоритмы быстрее асимметричных (экономия процессорного времени МК);
- требуется хранение меньшего по величине ключа (экономия памяти МК);
- AES 256 CBC на текущий день обеспечивает должную защиту от перебора ключей (эквивалентно использованию RSA-2048);
- для большинства сообщений (не превышающих 32 Гб при длине блока 64 бита) полностью обеспечивает скрытие структурных особенностей открытого текста.

Выбор качестве хэш алгоритма MD5 с MAC:

- простотой вычисления MD5;
- превосходит контрольную сумму CRC32 в плане обеспечения достоверности;
- использование MAC позволяет обеспечить аутентификацию клиента.

Экспериментальные результаты передачи данных с сервером

Для первого опыта и для настройки модуля GSM, самый простой пример приведен - передавать тестовый пакет на сервер и получить отчет от сервера (рис.4).

```
*****
AT+CIPSHUT
SHUT OK

AT+CIPMUX=0
OK

AT+CGATT=1
OK

AT+CSTT="bnnlnt", "", ""
OK

AT+CIICR
OK

AT+CIFSR
10.223.113.86

AT+CIPSTART="UDP", "185.147.82.95", "9000"
CONNECT OK

AT+CIPSEND
> +CIPSEND
> CU K
CU HI! NAM!D

AT+CIPCLOSE
CLOSE OK

AT+CIPSHUT
SHUT OK
```

```
mc [namtt3004@host95-82-147-185]:~/go/udp_server
(170 85 5 1 2 3 4 5 15] from 217.118.78.104:11872
2017/09/14 01:08:45 logger_ext.go:130: Main Good package
e!
2017/09/14 01:08:45 logger_ext.go:130: sendResponse() Response OK
!
2017/09/14 01:09:06 udp_server.go:70: Received 9 bytes
(170 85 5 1 2 3 4 5 15] from 217.118.78.103:27545
2017/09/14 01:09:06 logger_ext.go:130: Main Good package
e!
2017/09/14 01:09:06 logger_ext.go:130: sendResponse() Response OK
!
2017/09/14 01:09:38 udp_server.go:70: Received 9 bytes
(170 85 5 1 2 3 4 5 15] from 217.118.78.120:24408
2017/09/14 01:09:38 logger_ext.go:130: Main Good package
e!
2017/09/14 01:09:38 logger_ext.go:130: sendResponse() Response OK
!
2017/09/14 01:10:00 udp_server.go:70: Received 9 bytes
(170 85 5 1 2 3 4 5 15] from 217.118.78.104:11875
2017/09/14 01:10:00 logger_ext.go:130: Main Good package
e!
2017/09/14 01:10:00 logger_ext.go:130: sendResponse() Response OK
!
```

Рисунок 4 – Передача тестового пакета с сервером

На рисунке 4 видно что настройка модуля GSM была успешно и сообщение от сервера получено “HI! NAM!”. В результате показаны настройки GSM: один канал передачи (AT+CIPMUX=0), UDP протокол (AT+CIPSTART=”UDP”), адрес сервера “185.147.82.95” и 9000 порт.

На рисунке 5 показан правильный формат посылки.

Decrypt data HEX показывает расшифровку данных по шифрованию AES256. По рисунку получены 28 байтов данных (Data), контрольная сумма в виде MD5 (MD5), версия сервера и другие данные.

```
mc [namtt3004@host95-82-147-185]:~/go/udp_server
2017/10/08 16:16:31 logger_ext.go:134: udp_Handler() Here are in
  HEX: 55aaffffff000102030405060708090a0b0c0d0e0f232836a52c9784f1ba23cc21e40f5d
d5fdc4a5367110b5b0dde62fc64fbf7ac0d52036469a7f3ef3f206ab0c1ce8b36622fc34db499d4
dd0b0b258bb13c6e8f
2017/10/08 16:16:31 logger_ext.go:134: udp_Handler() Here are in
  IV: 55aaffffff00010203040506070809
Decrypt data:[170 85 0 28 0 0 0 0 89 218 37 27 0 0 0 1 2 3 4 5 4 5 3 6 7 2 4 5 4
5 3 6 7 2 4 3 7 3 6 5 4 2 1 236 153 98 188 159 38 26 239 49 132 108 215 90 90 2
02 161]
Decrypt data HEX: aa55001c0000000059da251b00000001020304050405030607020405040503
060702040307030605040201ec9962bc9f261aef31846cd75a5acaa1
2017/10/08 16:16:31 logger_ext.go:130: udp_Handler() Good package
e!
2017/10/08 16:16:31 udp_server.go:45: udp_Handler() UDP_MSG_PRETTY_PRINT()
  Start Bytes: [170 85]
  Length      : 28
  ID_CLIENT   : 0
  TIMESTAMP   : 1507468571 Human like : 2017-10-08 16:16:11 +0300 MSK
  SEC/256     : 0 In float      : 0
  Command     : 0 Human like   : ZERO Command
  Data        : [1 2 3 4 5 4 5 3 6 7 2 4 5 4 5 3 6 7 2 4 3 7 3 6 5 4 2 1]
  MD5         : ec9962bc9f261aef31846cd75a5acaa1 Byte view: [23
6 153 98 188 159 38 26 239 49 132 108 215 90 90 202 161]
  Crypto      : true
  Protocol    : 3.0, AES_256 bit ecrypt, use symmetry version
  Start_prefix : [85 170], 2
  Crypto_text  : [85 170 255 255 255 255 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
14 15 170 85 0 28 0 0 0 0 89 218 37 27 0 0 0 1 2 3 4 5 4 5 3 6 7 2 4 5 4 5 3 6
7 2 4 3 7 3 6 5 4 2 1 236 153 98 188 159 38 26 239 49 132 108 215 90 90 202 161
5 5 5 5 5]
2017/10/08 16:16:31 logger_ext.go:130: sendResponse() Response OK
!
```

Рисунок 5 – Пакет посылки, полученный на сервере от клиента по протоколу UDP

Для описанной ранее конфигурации клиента МК, были получены следующие данные по расходу памяти и производительности.

Размер кода в строках: 350 строк (Размер файла 1кб)

Частота МК -72MHz

Use flash memory: 1kb/64kb = 1.57%

Ram: 0.56kb/20kb = 2,5%

Время шифрования в среднем (1 млн операций) по результатам: 15.73мкс

Время дешифрования в среднем (1 млн операций) по результатам: 96.73мкс

Полученные результаты свидетельствуют о низком потреблении ресурсов МК и о достаточной высокой производительности операций шифрования и дешифрования.

В настоящее время организация защищенных каналов связи является одной из важнейших задач не только для традиционных сетей, но и для быстрорастущего сегмента “Интернета вещей”, в том числе и для микроконтроллерных встраиваемых систем.

В данной статье были изложены возможности построения и организации канала передачи данных между клиентами и сервером по протоколу пользовательских дейтаграмм (UDP) с использованием пакетной передачи данных (GPRS). Разработан собственный криптопротокол, который успешно имплементирован в МК. Полученные экспериментальные результаты, с помощью недорогих компонентов и среднего по характеристикам МК, позволяют сделать вывод о возможности широкого применения данного протокола в системах управления автономными квадракоптерами, систем умного дома, охранных систем и систем передачи данных с транспорта.

В качестве планов на будущее ставится задача поиска путей просто аппаратной генерации случайных чисел на базе МК для использования их в протоколе в качестве генерации Initial Vector последовательности алгоритма AES 256. Кроме того, рассматриваем вопрос имплементации механизмов цифровой подписи и сертификатов в рамках рассмотренного протокола.

Список литературы

1. Madakam S., Date H. (2016) Security Mechanisms for Connectivity of Smart Devices in the Internet of Things. In: Mahmood Z. (eds) Connectivity Frameworks for Smart Devices. Computer Communications and Networks. Springer, Cham. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-33124-9_2 (дата обращения 20.09.2019).
2. Chamberlain, A., Crabtree, A., Haddadi, H. et al. Pers Ubiquit Comput (2018) 22: 289. <https://doi.org/10.1007/s00779-017-1066-5> (дата обращения 20.09.2019).
3. Manzoor A. (2016) Securing Device Connectivity in the Industrial Internet of Things (IoT). In: Mahmood Z. (eds) Connectivity Frameworks for Smart Devices. Computer Communications and Networks. Springer, Cham. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-33124-9_1 (дата обращения 20.09.2019).
4. [Электронный ресурс] Н. Д. Рабион, А. О. Ермолаев, Д. И. Панфилов, М. А. Соколов Реализация каналов GSM/GPRS в беспроводных системах сбора и передачи информации. http://www.ccc.ru/magazine/depot/06_06/read.html?0302.htm (дата обращения 20.09.2019).
5. Малюк А.А. Введение в защиту информации в автоматизированные системы: Учебн. пособие для вузов / Малюк А.А., Пазизин С.В., Погожий Н.С. М.: Горячая линия - Телеком, 2004. 147 с.
6. [Электронный ресурс] Шэй Герон (Shay Gueron) Описание стандарта шифрования AES (Advanced Encryption Standard, улучшенный стандарт шифрования). <https://software.intel.com/ru-ru/articles/aes-advanced-encryption-standard> (дата обращения 20.09.2019).
7. [Электронный ресурс] Абикенова Т.З. Алгоритм шифрования MD5. <http://group-global.org/ru/publication/58940-algorithm-shifrovaniya-md5> (дата обращения 20.09.2019).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ДРОНОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ И ПОИСКА ЛЮДЕЙ НА ДРЕЙФУЮЩИХ ЛЬДИНАХ

Буров Илья Алексеевич – студент третьего курса бакалавриата факультета радиотехнологий связи, кафедры радиоконструирования

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

пр. Большевиков, 22, к. 1, Санкт-Петербург, 193232, ilya.burov1997@gmail.com

Гришканич Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент

Университета ИТМО

Ведущий научный сотрудник

АО ГОИ им С.И. Вавилова ШВАБЕ

Научный сотрудник

АО Радиевый институт имени В.Г. Хлопина РОСАТОМ

ассистент кафедры Фотоники

СПбГЭТУ ЛЭТИ

190000, Россия, Санкт-Петербург, Биржевая линия, д. 12, grishkanich@ya.ru

Аннотация. В данном проекте рассчитываются и анализируются с помощью нейросети, основные параметры и характеристики бортовых носителей на примере тепловизора Flir Tau 2 640 и воздушного лазерного сканера RIEGL VQ-580, для упрощенного контроля ледовой обстановки, а так же во избежание попадания людей на тонкий или дрейфующий лед.

Ключевые слова: нейросеть, анализ ледовой обстановки, рыбаки, интеллектуальные транспортные системы, умная логистика, машинное обучение, семантико-синтаксический анализ, сверточная сеть.

PERSPECTIVES OF APPLICATION OF UNIQUE DRONS FOR OPERATIONAL CONTROL OF THE ICE SITUATION AND SEARCH OF PEOPLE ON DRIFTING ICE

Burov Ilya Al. – Third-year undergraduate student at the Faculty of Radio-Communications, Department of Radio Design

St. Petersburg State University of Telecommunications. prof. M.A.Bonch-Bruevich

Bolshevikov Ave., 22, building 1, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, ilya.burov1997@gmail.com

Grishkanich Alexander S. – Ph.D., Associate Professor of ITMO University, Leading Researcher of AO GOI named after S.Vavilov Shvabe, Researcher of the Radiation Institute named after V.G. Khlopin, Rosatom, Assistant of the Department of Photonics, St. Petersburg State Electrotechnical University.

Birzhevaya line house 12, lab 207, St. Petersburg, 190000, Russian Federation, grishkanich@ya.ru

Abstract. In this project, the main parameters and characteristics of airborne carriers are calculated and analyzed using a neural network using the example of a Flir Tau 2 640 thermal imager and an RIEGL VQ-580 airborne laser scanner, for simplified control of ice conditions, as well as to avoid people getting on thin or drifting ice.

Keywords: neural network, ice analysis, fishermen, intelligent transport systems, smart logistics, machine learning, semantic-syntactic analysis, convolutional network.

В РФ каждый год увеличивается количество провалившихся людей под лед и рыбаков, дрейфующих на льдинах. В прошлом году было спасено более 120 рыбаков и утопаю-

ших в Лен. Области замеченных очевидцами и МЧС. Количество не найденных и пострадавших людей в связи с таянием льдов составляет более 233 человек в Ленинградской Области согласно «главному управлению МЧС России по Ленинградской Области».

В данный момент контроль ледовой обстановки осуществляется с помощью авиации, в большинстве случаев используется вертолет Ми-8 МЧС России [1].

Разработанный метод, осуществляется на примере БПЛА, который позволяет разведывать труднодоступные местности даже при плохих метеоусловиях, а благодаря полезной нагрузке возможно осуществление аэрофотосъемки, видеосъемки, исследование местности.

Применение малогабаритных летательных аппаратов имеет множество преимуществ по сравнению с традиционными методами съемки с самолетов или вертолетов в связи с тем, что увеличивается быстрота разворачиваемости аппаратуры, что для большинства беспилотников не требуется каких-либо специально взлетно-посадочных площадок (множество из них запускается с катапульты). В этом плане традиционный метод уступает, т.к. в основном съемка ведется с крупногабаритных самолетов, которые требуют больших затрат при эксплуатации, и самолеты, в отличие от БПЛА, сильно зависят от метеоусловий.

Основная задача метод контроля за ледовой обстановкой различных местностей, что предполагается сделать с помощью установки на БПЛА воздушного лазерного сканера. Для подсчета рыбаков льдине и, в целом, обнаружения людей при мониторинге предлагается воспользоваться тепловизором.

На рисунках 1 и 2 приведены примеры использования тепловизионных систем.

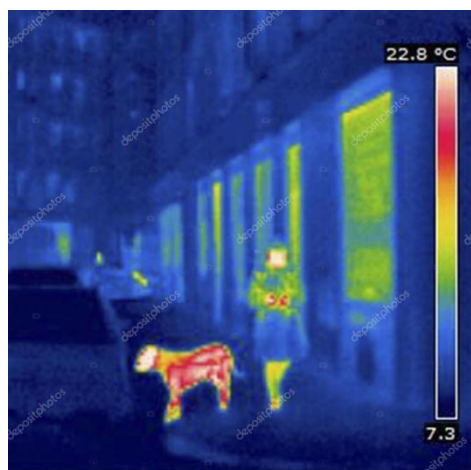


Рисунок 1 – Термограмма человека и собаки

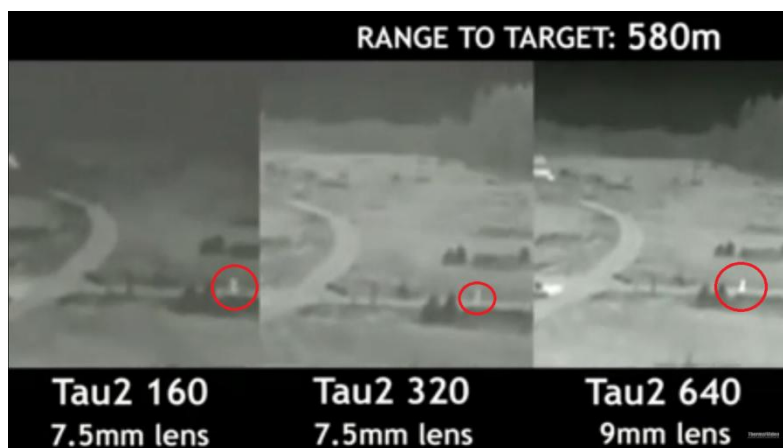


Рисунок 2 – Сравнение тепловизионных изображений, получаемых с тепловизоров разных моделей FLIR

При дальности до цели, как приведено в изображении выше, 580 м возможно различение объектов по степени испускания ими теплового излучения. Т.к. человек обладает более высокой температурой, по сравнению с окружающим его пространством, то его можно выделить на общем фоне. Но может возникнуть проблема: тепловизор может спутать человека и животного, ибо температура у них больше или приближена к температуре человеческого тела. В этом случае может помочь цифровая камера или же система распознавания объектов [2, 3].

С помощью тепловизионных камер можно наблюдать за состоянием ледяной поверхности. Так, холодные области льда окрашены в голубой цвет, и здесь хорошо видна линия разлома, где вода имеет более высокую температуру [4].

Для измерения толщи льда, за основу взят принцип работы Пикор-Лед, прибор излучает радиоимпульсы малой мощности и формирует радиоизображение из отраженных сигналов.

Мощность радиоимпульсов можно увеличить, в зависимости от требуемых условий и высоты полета БПЛА.

Нахождение человека и контроля ледовой обстановки, может быть решено, при помощи алгоритма используемых в фотограмметрии, в особенности для задач обнаружения строений.

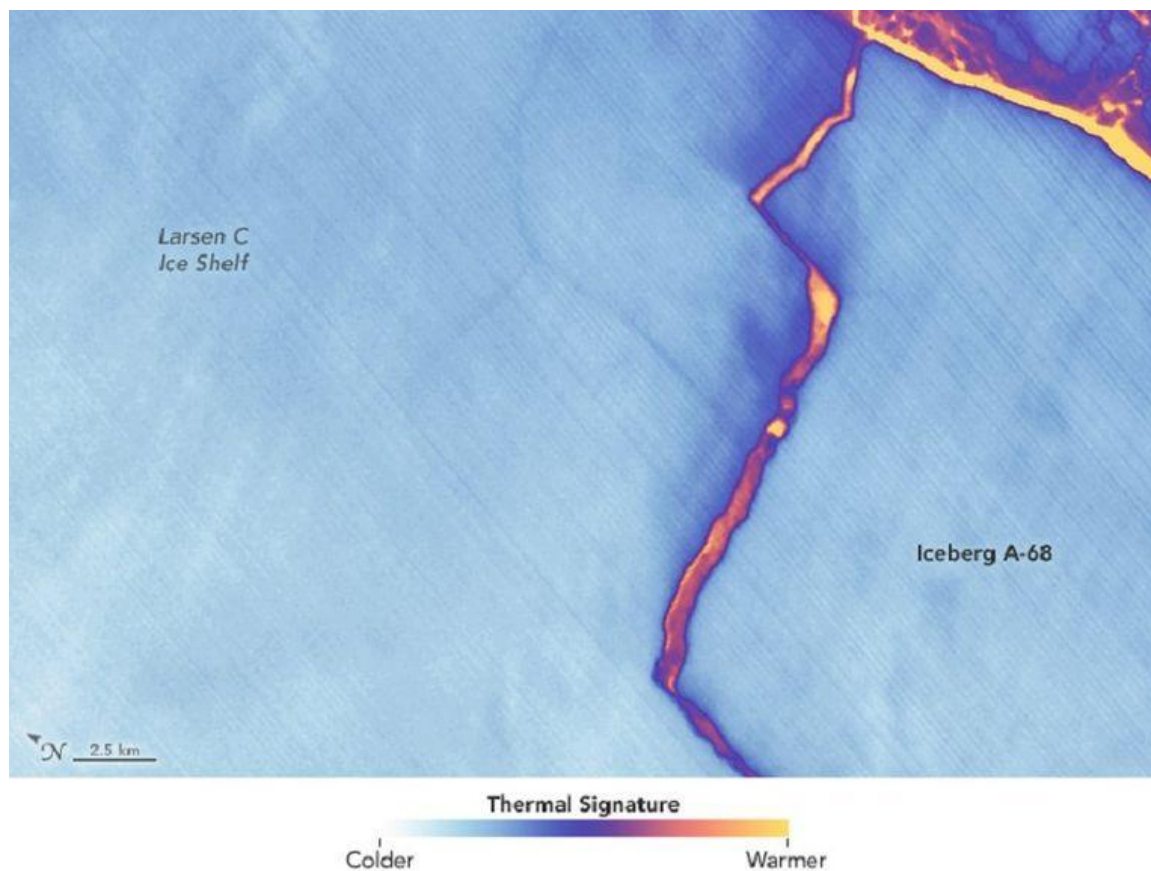


Рисунок 3 – Тепловизионный снимок айсберга с видимой линией разлома

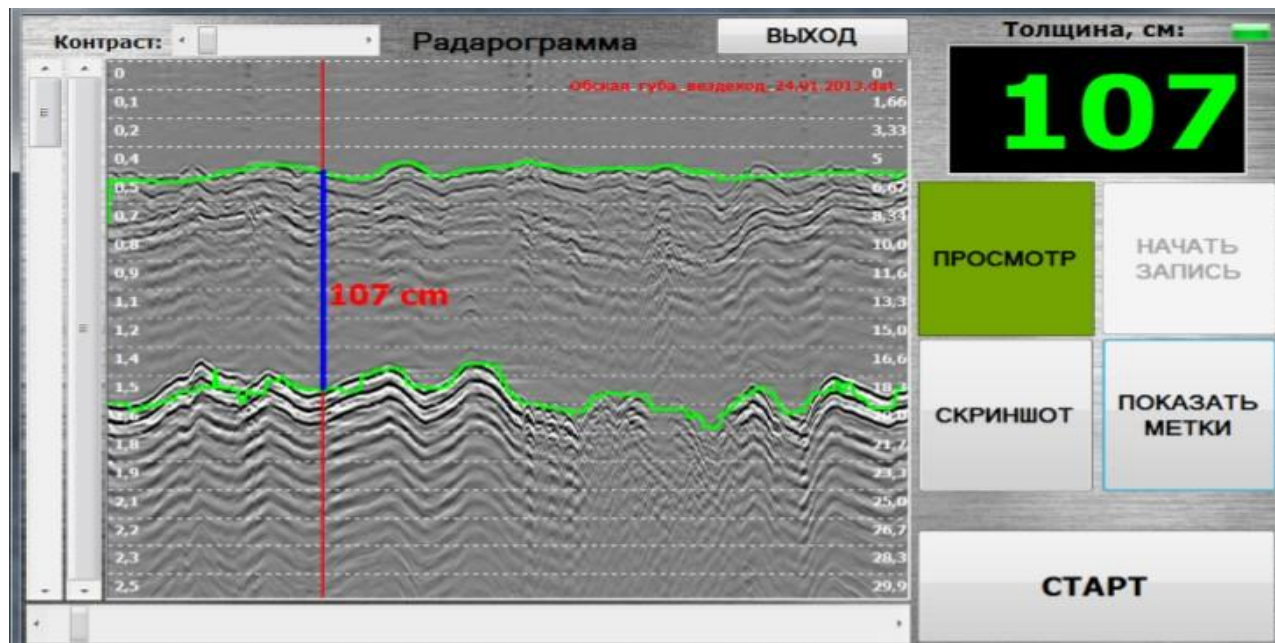


Рисунок 4 – Интерфейс программы для измерения толщи льда

$$G_x = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A_{i-1,i-1} & A_{i,i-1} & A_{i+1,i-1} \\ A_{i-1,i} & A_{i,i} & A_{i+1,i} \\ A_{i-1,i+1} & A_{i,i+1} & A_{i+1,i+1} \end{bmatrix}$$

$$G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A_{i-1,i-1} & A_{i,i-1} & A_{i+1,i-1} \\ A_{i-1,i} & A_{i,i} & A_{i+1,i} \\ A_{i-1,i+1} & A_{i,i+1} & A_{i+1,i+1} \end{bmatrix}$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Рисунок 5 – Фильтр Собеля и Кэнни

Фильтр Собеля используется для обнаружения четкости границы в нужной точке изображения, а Кэнни дает ответ в двоичном виде: есть границы ли нет. Фильтр Кэнни и его модификации наиболее распространены для решения задач выделения объектов. В нашем случае тепловизор будет фиксировать только аномалии, которые будут являться предположительно «человеком» и обрамлять переходы от 0 к $\max$, для более удобного просмотра и формирования дата-сета, что бы произвести более глубокое обучение алгоритма анализа изображения получаемого с БПЛА.

Нахождения человека при помощи нейронной сети, то есть обработка полученных данных с приборов БПЛА, имеет наименьшую погрешность. Спектрограмма человека сильно отличается от фоновых спектров, наличие животных сведено к минимуму. Показания, собранные при помощи БПЛА проходят через сверточную систему в которой анализируются на спектр уже из составленной таблицы благоприятных и неблагоприятных зон (пройдя через фильтр Собеля и Кэнни).

Так как 2 и 3 пункт взаимосвязаны, можно учесть радиус поиска

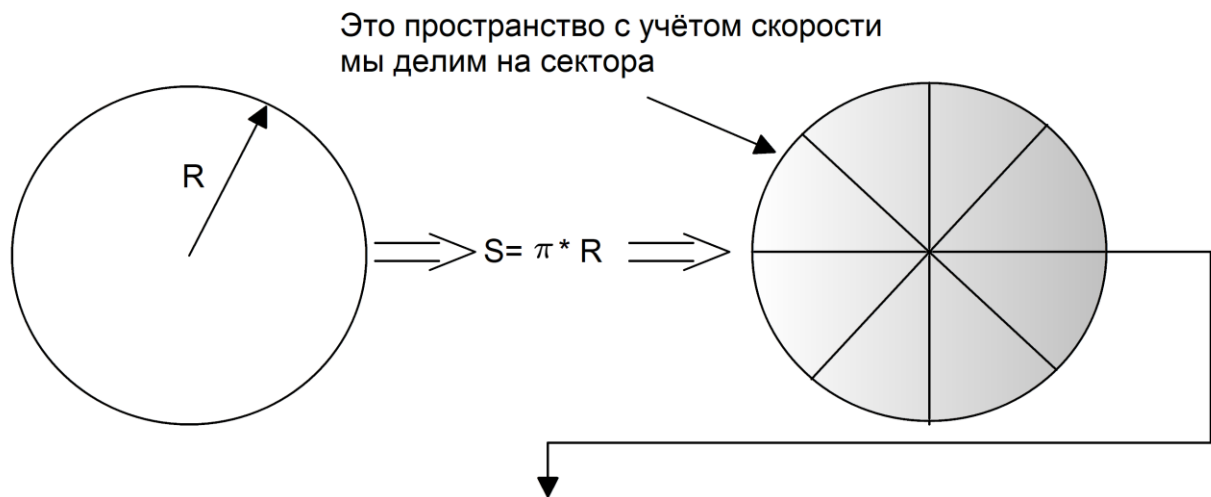


Рисунок 6 – Учет радиуса поиска

Отсюда, с учетом траектории полета кадрируем изображение и наносим слоями на уже известную карту или создаем новую (рис. 7):

- 1) Карта;
- 2) Чистые показания приборов;

3) Обработанные показания приборов (пропуск через нейронную сеть выходом из которой можем сделать точку наибольшей уязвимости в квадрате удовлетворяющей таблице зон);

4) Соединение точек для построения маршрута или получение удобной карты дальнейшего расхождение льдин;

5) Полученных данных и построение маршрута к людям, чья жизнь под угрозой в связи с таянием льдов или тонкой пленки ледяного покрова.

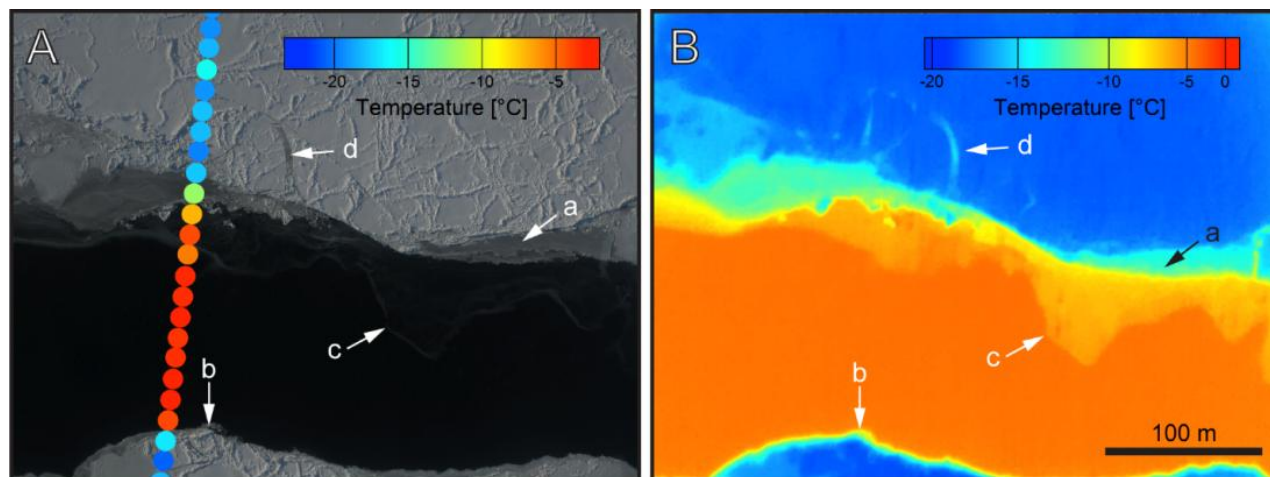


Рисунок 7 – Модель построения маршрута следования ледокола на основе данных тепловизора

В заключении, можно отметить, что данная технология сильно сократит количество жертв [5], во время таяния и дрейфа льдов, а так же сможет находить оптимальные пути следования для ледоколов. Использование тепловизионных систем в составе БПЛА может быть использовано в интеллектуальных системах транспортного мониторинга [6].

Список литературы

1. Нестеренко А.Г. Анализ проблем развития системы обеспечения комплексной безопасности в арктической зоне Российской Федерации // Россия в глобальном мире. 2016. № 9 (32). С. 77–86.
2. Овсянников В.А., Овсянников Я.В., Филиппов В.Л. Повышение достоверности экспертной оценки вероятности обнаружения и распознавания объектов по тепловизионным изображениям // Оптический журнал. 2012. Т. 79. № 3. С. 65–70.
3. Сопижук А.Н. Экспертно-информационные системы тепловизионной диагностики на железнодорожном транспорте // Приоритетные направления развития науки и образования. 2016. № 1 (8). С. 255–261.
4. Кулакова Н.Н., Мишин С.В. Анализ результатов расчета дальностей обнаружения, распознавания и идентификации тепловизионной системы по двум методикам // Контентант. 2015. № 3. С. 24–30.
5. Минкин Д.Ю., Терехин С.Н., Корольков А.П., Османов Ш.А. Космический тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта// Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 12. С. 45–51.
6. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Разработка модели городского анализатора данных для интеллектуальной транспортной системы "умного города" // Транспорт: наука, техника, управление. 2016. № 12. С. 3–23.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Топоров Алексей Валериевич – кандидат технических наук, доцент кафедры механики, ремонта и деталей машин

*ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153011, Россия, Иваново, проспект Строителей, дом 33, ironaxe@mail.ru*

Сиабандов Эдуард Тимурович – курсант, рядовой внутренней службы
*ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153011, Россия, Иваново, проспект Строителей, дом 33, edik.avdeev.98@mail.ru*

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные направления использования информационных технологий при организации движения на транспорте. Приведены примеры удачного применения автоматизированных систем управления движением. Применение подобных решений позволит значительно увеличить безопасность на транспорте.

Ключевые слова: транспортная безопасность, телекоммуникационные технологии, информационные технологии, перемещение поездов, повышение безопасности.

IMPROVING THE SAFETY OF TRANSPORT COMMUNICATIONS DUE TO THE INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGIES

*Toporov Aleksey V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the
Department of Mechanics, Repair and Machine Parts*

*Of the Ivanovo fire and rescue Academy of state fire service of EMERCOM of Russia
Prospect Builders, 33, Ivanovo, 153011, Russian Federation, ironaxe@mail.ru*

Siabandov Eduard T. – cadet, ordinary internal service

*Of the Ivanovo fire and rescue Academy of state fire service of EMERCOM of Russia
Prospect Builders, 33, Ivanovo, 153011, Russian Federation, edik.avdeev.98@mail.ru*

Abstract. This article describes the main directions of the use of information technology in the organization of traffic on transport. Examples of successful application of automated traffic control systems are given. The use of such solutions will significantly increase the safety of transport.

Keywords: transport safety, telecommunications, information technology, movement of trains, improved safety.

В современных условиях важную значимость приобретают инновационные разработки по обеспечению транспортной безопасности. Поэтому индустрия безопасности в настоящее время развивается наиболее динамично. Для поддержания стабильного уровня защиты применяются инновационные телекоммуникационные технологии, имеющие высокий, не до конца оцененный и реализованный потенциал, раскрытие которого стало возможным, за счет кропотливого труда и масштабных исследований российских и зарубежных ученых и специалистов в области безопасности [1, 2, 3, 4].

Одной из технических систем, способной повысить безопасность на транспорте является система учета перемещения контейнеров – так называемая технология радиочастотной идентификации (RFID). Первый современный RFID – чип был создан в Исследовательской лаборатории Лос-Аламоса в 1973 г. Патент на RFID получил Чарльз Уолтон в 1983 г. Система RFID позволит оперативно получать доступ к информации о вагонах, а также полностью контролировать перемещение состава на всем пути. Система безопасности с использованием

технологий RFID позволяет осуществлять контроль за состоянием и нахождением вагонов в сложных производственных и климатических условиях и уменьшить влияние человеческого фактора, а также позволит получать достоверную информацию в реальном режиме времени [5, 6] (рис.1).



Рисунок 1 – Технология применения система RFID для маркировки контейнеров

Технология имеет большое количество преимуществ, а именно: повышение уровня автоматизации, достоверности учета, регистрации подвижного состава, полно объемный охват подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры, повышение уровня безопасности на основе автоматизации операции, повышение точности и надежности навигации (ГЛОНАСС). Автоматизации сортировки и расформирования состава. Под этим нововведением подразумевается закрепление меток на подвижной состав и установкой стационарных считывателей вдоль путей, а также наличие считывателей у станционных работников.

Другим направлением повышения безопасности на транспорте является создание совокупности устройств для наблюдения за движением поездов [7]. Одним из таких устройств является устройство диспетчерского контроля за движением поездов (ДК) применяют на участках, оборудованных автоблокировкой (АБ), в целях передачи данных поезному диспетчеру об принятом направлении движения (на участках однопутной блокировки), о занятости блок-участков, основных и приемоотправочных путей промежуточных станций, показаниях входных и выходящих светофоров. Помимо того, устройства ДК предоставляют вероятность дежурным промежуточных станций следить за движением поездов на прилегающих перегонах, а также получать данные о дефектах перегонных приборов АБ и переездный сигнализации в данных пролетах.

Такой транспортный мониторинг на железнодорожной магистрали осуществляется посредством системы приемопередатчиков, монтируемых вместе с пьезопреобразователями в бетонные шпалы и находящихся на расстоянии до 2000 м друг от друга. При проходе поезда каждая колесная пара, нажимая на шпалу через рельс, подзаряжает через приемопередатчик, передающий данные с поезда на стационарный объект. Передача по сети данных вдоль линии движения поезда на другой поезд и обратно позволяет обмениваться по высокоскоростному каналу связи в разрешенном не лицензируемом диапазоне частот оперативной информацией об исправности подвижных составов и чрезвычайных ситуациях. Развитием идеи создания оборудования, самонастраивающегося на выходную мощность, скорость передачи данных, рабочие частоты и тип коммутационного канала, может служить перспективное направление конструирования компьютерных адаптивных модемов со встроенной криптозащитой [8]. Указанная концепция транспортной инфраструктуры в нашей стране была создана и опробована при проведении Зимних Олимпийских игр в Сочи в 2014 г. Совокупность систем управления движением «Город-2014» воплотила в жизнь диспетчерское руководство перемещением поездов с применением умных технологий. Целью применения комплекса «Город-2014» является формирования графиков перемещения поездов, увеличение оперативности и качества операторского управления, повышение производительности управления, повышение качества работы операторского персонала. В результате внедрения системы государственные затраты уменьшились в 56 миллиардов рублей [8].

Однако, такие системы требуют создания развитой сети по сбору и передаче информации. С целью обеспечения возрастающих нужд холдинга «РЖД» в сфере телекоммуникационных услуг и ресурсов необходимо развитие железнодорожной электросвязи согласно таким тенденциям, как:

- развитие оптической транспортной телекоммуникационной платформы на базе технологий волнового спектрального уплотнения (DWDM/CWDM) с планомерным повышением пропускной способности;
- организация пакетных мультисервисных сетей на основе технологии IP/MPLS; - разработка и формирование оптических сетей доступа в базе технологические процессы GPON;
- формирование и введение числовых концепций научно-технической радиосвязи в основном специальных технологий GSM-R и LTE-R, технологий конвенциональной профессиональной радиосвязи стандартов DMR, TETRA;
- формирование и введение лазерных (фотонных) технологий с целью компании погодных оптических направлений взаимосвязи – АОЛС [9].

Таким образом, индустрия безопасности не стоит на месте и ежегодно пополняется различными новейшими разработками, нацеленными на безопасность транспорта. Благодаря внедрению передовых технологий, можно достичь значительного снижения числа чрезвычайных ситуаций на транспорте.

Список литературы

1. Harry K.H., ChowaKing LunChoyaW.B., LeeaK.C. Laub Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations Expert Systems with Applications Volume 30, Issue 4, May 2006, Pages 561-576.
2. Denne P.R.M., Hook C.D. Identification systems, UK patent no. 2 157 132 A, 16 October 1985.
3. Deville Y. A unified stability analysis of the Herault-Jutten source separation neural network, Signal Process. 51 (1996) 229–233.
4. Российская национальная нанотехнологическая сеть: URL: <http://www.rusnanonet.ru/> (дата обращения 17.10.18)
5. Deville Y. Application of the Herault—Jutten source separation neural network to multi-tag radio-frequency identification systems, Proceedings of the Ecole des Techniques Avancees en Signal Image Parole, Grenoble, 1996, pp. 265–272.

6. Сорокин Г.П. "О перспективах нанотехнологий в России" URL: [http://globalscience.ru/article/read/227/\[06.05.2008\]](http://globalscience.ru/article/read/227/[06.05.2008]) (дата обращения к ресурсу: 16.10.18).

7. Билоха В.А. Центры мониторинга и управления эксплуатационной работой магистралей / Журнал «Железнодорожный транспорт». 2013. №3. С. 15-22.

8. Legkov K.E., Donchenko M.A. Performance requirements for the quality of information exchange in wireless broadband networks / Proceedings of MTUCI. Rostov-on-Don, I 2009. Pp. 59-64.

9. Fatkhulin T.D., Gordienko V.N. (2013). Analysis of the ways of development of spectral channel multiplexing technology in WDM. Fundamental problems of radio electronic instrument making, vol. 13. no.4. pp. 130-134.

УДК 656.004

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Таргонский Михаил Михайлович – магистрант

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9, mikhail.targonskiy@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены направления воздействия современных информационных технологий на повышение уровня безопасности движения на железнодорожном транспорте. Цель работы – провести анализ используемой в локомотивном хозяйстве ОАО «РЖД» автоматизированной системы «Электронный паспорт локомотива» (АС ЭП) и определить ключевые проблемы ее функционирования. В статье предложен ряд мероприятий необходимых для реализации широкого спектра возможностей данной автоматизированной системы.

Ключевые слова: системы безопасности, интеллектуальные системы, цифровизация, цифровые технологии.

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRANSPORT SAFETY

Targonskii Mikhail M. – master student

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Moskovsky pr., 9, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation, mikhail.targonskiy@mail.ru

Abstract. The paper examines the impact of modern information technologies on improving the level of traffic safety in railway transport. The purpose of the work is to analyze the automated «Electronic Passport of a Locomotive» system used by locomotives of Russian Railways and identify the key problems of its operation. The article proposes a number of measures necessary for the implementation of a wide range of possibilities of this automated system.

Keywords: safety systems, intelligent systems, digitalization, digital technologies.

На сегодняшний день большая часть общественных структур и отношений опосредована цифровыми технологиями. Развитие сфер производства и оказания услуг невозможно без интеграции современного технического оборудования и интеллектуальных систем.

Современные технологии оказывают большое влияние на развитие транспорта и транспортных систем. Расширение сферы производства в совокупности с урбанизацией спо-

способствуют увеличению грузопотоков и пассажиропотоков, что приводит к росту конкуренции на рынке пассажирских и грузовых перевозок. В таких условиях перевозчик вынужден не только привлечь внимание клиента высокой скоростью перевозки груза или комфортными условиями поездки, но и обеспечить наиболее высокий уровень безопасности.

В федеральном законе от 09.02.2007 №16-ФЗ «О транспортной безопасности» одной из основных задач принято информационное, материально-техническое и научно-техническое обеспечение транспортной безопасности [1]. Что указывает на заинтересованность государства в развитии современных интеллектуальных автоматизированных и цифровых систем, способствующих поддержанию безопасности транспортных перевозок на высоком уровне. Следует отметить, что одним из важнейших условий успешного развития современных систем безопасности на транспорте является цифровизация инфраструктуры.

Цифровизация на железнодорожном транспорте

Для ОАО «РЖД» повышение привлекательности железнодорожного транспорта является чрезвычайно важным направлением развития, преуспеть в котором можно с помощью цифровой трансформации, «диджитализации» железнодорожного транспорта. Как уточнил директор ОАО «РЖД» по информационным технологиям Евгений Чаркин: «Цифровизация это источник конкурентоспособности «Российских железных дорог» в долгосрочной перспективе. Мы понимаем, что со временем традиционные источники повышения эффективности будут исчерпаны» [2].

На сегодняшний день, цифровизацией принято считать переход экономики на использование данных в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг [3].

Председатель Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» Б.М. Липидус обозначил пять ключевых технологий цифровой железной дороги, которые должны обеспечить прорыв в функционировании данной сферы экономики. Это интернет вещей, BigData (большие данные), высокоскоростная сеть передачи данных, интеллектуальные системы и использование мобильных приложений (рис. 1) [4].



Рисунок 1 – Ключевые технологии цифровой железной дороги

Использование цифровых технологий на железнодорожном транспорте будет сопровождаться качественными изменениями уровня транспортной безопасности. В перспективе интернет вещей позволит контролировать параметры вагонов, тягового подвижного состава и состояние машиниста. Высокоскоростные сети передачи данных создадут условия для дистанционного управления локомотивами, а с помощью BigData - технологии, подразумевающей работу с информацией огромного объема и разнообразного состава, весьма часто обновляемой и находящейся в разных источниках [5], будет осуществляться предсказательная диагностика оборудования, установленного на локомотивах и МВПС.

Цифровые технологии в обеспечении безопасности транспортных систем

В перечень основных угроз безопасности транспортных систем принято включать:

- ошибки людей, управляющих транспортными средствами;
- выход из строя отдельных узлов и агрегатов транспортного средства;

- противоправные действия со стороны третьих лиц в отношении транспортных средств, перевозимых грузов и пассажиров;
- различные природные и техногенные факторы. [6]

Современные автоматизированные комплексы, позволят в достаточной степени обеспечить надлежащую безопасность в транспортной сфере.

На всей сети российских железных дорог используются локомотивные устройства безопасности, регулирующие движения поездов и позволяющие повысить пропускную способность железнодорожных линий, а также обеспечить безопасное движение в поездной и маневровой работе. С помощью устройств безопасности осуществляется регистрация параметров движения поезда, контроль скоростного режима ведения, контроль бдительности машиниста и разграничение поездов.

Поскольку используемые устройства безопасности нуждаются в обслуживании, необходимо обеспечивать своевременный контроль за их состоянием и ремонтом. Следует отметить, что плановые регламентные работы и ремонт приборов безопасности, установленных на локомотивах, моторвагонном подвижном составе и специальном самоходном подвижном составе, осуществляет Дирекция по ремонту тягового подвижного состава.

Вести контроль за ремонтом и обслуживанием без использования автоматизированных систем, на сегодняшний день, не представляется возможным. Одной из важнейших автоматизированных систем, используемых в локомотивном хозяйстве, является «Электронный паспорт локомотива» (АС ЭП), разработанный проектно-конструкторским бюро локомотивного хозяйства ОАО «РЖД».

АС ЭП представляет собой единое место хранения всей информации о локомотивах, их узлах и агрегатах, в том числе, о результатах испытаний, диагностики, дефектоскопии, отказах и ремонтах оборудования для всех предприятий, осуществляющих изготовление, ремонт и эксплуатацию локомотивов и моторвагонного подвижного состава [7].

По сути, АС ЭП является автоматизированной системой, относящейся к такой технологии цифровой железной дороги, как «большие данные» (Big Data).

По данным проектно-конструкторского бюро «Электронный паспорт локомотива» должен был обладать широким спектром возможностей, в том числе таких как отслеживание стоимости жизненного цикла локомотива и его оборудования с учетом стоимости ремонтов и контроль технического состояния локомотивов и локомотивного оборудования. Автоматизированная система «Электронный паспорт» также должна была позволить исключить человеческий фактор при контроле соблюдения технологии ремонта.

Решение этих задач возможно только в условиях взаимодействия «Электронного паспорта локомотива» с другими автоматизированными системами (рис. 2).

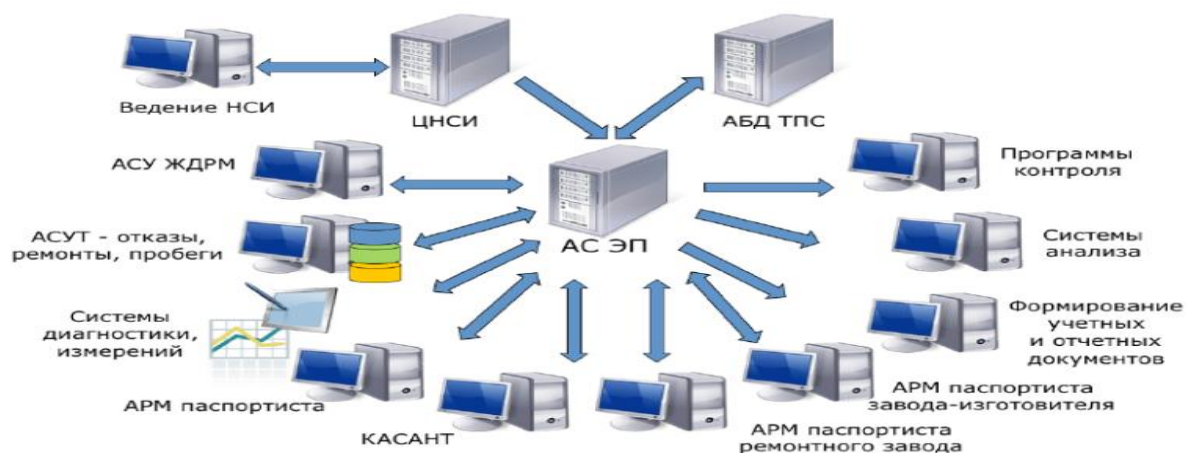


Рисунок 2 – Схема взаимодействия АС ЭП с информационными системами ОАО «РЖД»

Автоматизированная система «Электронный паспорт» могла бы использоваться как полноценная интеллектуальная система, позволяющая решать большинство задач по контролю соблюдения ремонта и формированию ремонтного фонда, исключив при этом бумажный документооборот. Однако в настоящее время, большинство заявленных проектно-конструкторским бюро возможностей реализуются лишь частично или не реализуются вовсе.

Контроль паспортизированного оборудования целиком возлагается на специалиста, использующего данную систему (паспортиста). При этом, всем зарегистрированным в ней пользователям разрешено создавать паспорта на устройства, удалять их или списывать, а также редактировать или удалять сведения о проведенных работах в паспорте устройства. Подобное упущение не только делает невозможным ведение контроля за соблюдением технологии ремонта и обслуживания, но и искажает информацию о текущем техническом состоянии устройства.

На сегодняшний день система «Электронный паспорт» далека от полноценной интеллектуальной автоматизированной системы. Использование такой системы является экономически нецелесообразным, поскольку требует больших затрат, но не позволяет в полной мере реализовать ни одну из поставленных задач.

Полная реализация потенциала автоматизированной системы может быть достигнута с помощью внесения следующих изменений в ее работу:

- 1) внесение информации в электронные паспорта оборудования без участия бумажного документооборота, введение функции электронной подписи;
- 2) внедрение функции автоматического ведения контроля за устройствами, нуждающимися в прохождении периодических регламентных работ;
- 3) исключение возможности создания дубликатов электронных паспортов;
- 4) введение классификатора с возможностью выбора замененного в ходе ремонта элемента.

Приведенные модернизации позволят обеспечить полноценный и своевременный контроль за ремонтом и обслуживанием устройств безопасности, существенно сократить бумажный документооборот, обеспечить возможность точного определения оптимального размера ремонтного фонда и оценку состояния устройств, находящихся в запасе, а также установленных на тяговом подвижном составе.

Список литературы

1. Федеральный закон «О транспортной безопасности» от 09.02.2007 N 16-ФЗ (последняя редакция) // Справочная правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 05.10.2018).
2. «Стратегическое партнерство 1520» // Информационный портал «Gudok.ru» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gudok.ru> (дата обращения 05.10.2018).
3. Указ Президента РФ «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» // Справочная правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 05.10.2018).
4. «Транспортная бизнес экосистема. Вызовы времени.» // Лapidус Б.М., лекция от 11.09.2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anspa.ru> (дата обращения 05.10.2018).
5. «Большие данные (Big Data)» // Информационный портал «TAdviser» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru> (дата обращения 05.10.2018).
6. «Системы безопасности на транспорте» // Информационный портал «TimeControl» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.time-control.ru/> (дата обращения 05.10.2018).
7. «Сайт проектно-конструкторского бюро» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pkbct.ru> (дата обращения 05.10.2018).

МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Малышев Николай Валерьевич – аспирант кафедры логистики и коммерческой работы

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 9, kol.spb@mail.ru

Ковалев Константин Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры логистики и коммерческой работы

ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

190031, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 9, kovalev_kostia@mail.ru

Аннотация. В статье описана модель, последовательно располагающихся распределительных складов в цепи поставки при доставке несколькими видами транспорта, выполненная при помощи имитационного моделирования в программе AnyLogic. Результатом моделирования является определение срока доставки груза по выбранному маршруту, с учетом вероятностных событий.

Ключевые слова: транспортное обеспечение логистической деятельности, имитационная модель, системная динамика.

SIMULATION OF MULTIMODAL TRANSPORTATION

Malyshev Nicolay V. – postgraduate student, Department Logistics and Commerce

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Moskovsky pr. 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, kol.spb@mail.ru

Kovalev Konstantin Ev. – Ph. D., Associate Professor Department Logistics and Commerce

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Moskovsky pr., 9, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, kovalev_kostia@mail.ru

Abstract. The article describes a model of successive distribution warehouse in multimodal supply chain using simulation in program AnyLogic. The result of the simulation is to determine time of delivery time on the selected route, taking into account stochastic events.

Keywords: transport support of logistic, simulation model, system dynamics.

Развитие транспортной инфраструктуры является важной частью социально-экономического роста плотно заселенных регионов. Чтобы принять и переработать грузы, следующие в крупные транспортные узлы при мультимодальных перевозках необходимо создание многофункциональных транспортно-логистических центров (грузовых терминалов) способных обеспечить интеграцию товарно-материальных, информационных, сервисных и финансовых потоков. В таких условиях грузовые терминалы с малым объемом работы закрывают, а грузопоток переносят на терминалы, находящиеся на подъездных путях узловых станций, представляющие собой специальный комплекс организационно взаимосвязанных сооружений, персонала, технических и технологических устройств [1]. Наряду со складами, находящимися в пунктах перевалки, а также в пунктах зарождения и погашения грузопотока, следует выделить распределительные склады, являющиеся промежуточным звеном в цепях поставок на завершающем этапе движения грузопотока [2].

Постановка задачи. Для решения транспортных задач в настоящее время необходим инновационный метод, обеспечивающий в цепи поставки гибкость в реагирование на производство и потребление. В связи с этим, необходимо четкое понимание влияния различных факторов на транспортно-складские операции и цепь поставки в целом, а также разработка самой организационной структуры транспортно-логистических центров и управление цепью

поставок с учетом целей и задач управления [3]. Одним из направлений позволяющим решать такие сложные задачи является создание имитационных систем, моделирующих системы различных видов транспорта, в том числе цифровой железной дороги [4–6].

Описание модели. Имитационная модель (рис. 1) построенная с использованием программного продукта AnyLogic состоит из 4 складов: два являются мультимодальными терминалами и имеют пути необщего пользования, а два других автомобильными складами, расположенными на территории грузоотправителя и грузополучателя. Модель действует на основе данных о нахождении груза во время перемещения и на складах в соответствующих блоках исследуемой системы. Переход от одного блока к другому происходит в соответствии с технологией работы цепи поставки и учётом временных интервалов, величины которых зависят от моделируемых операций.

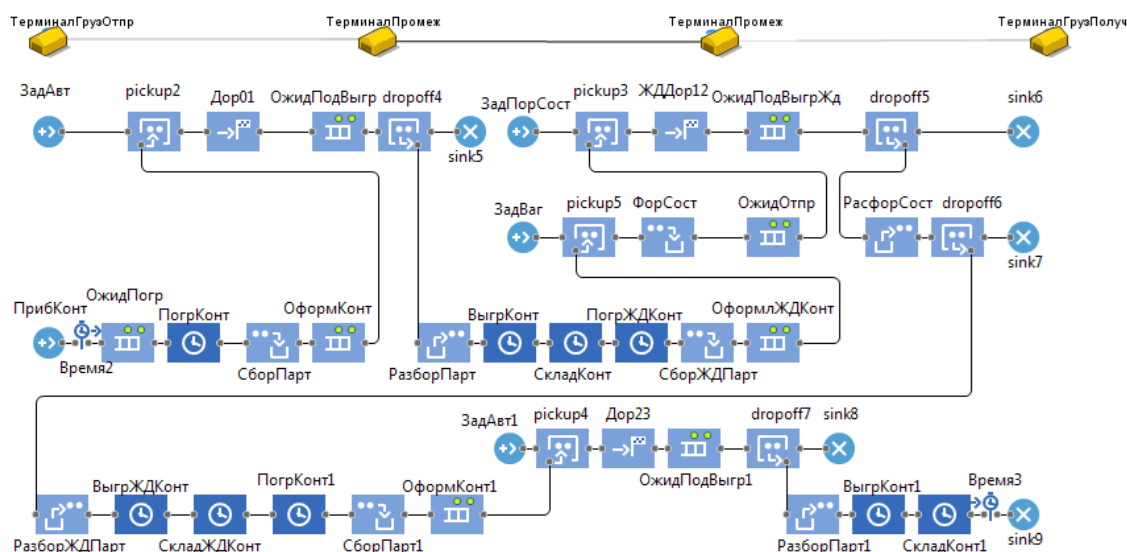


Рисунок 1 – Имитационная модель мультимодальной доставки

На основе многократного моделирования получены данные об работе цепи поставки, при изменении в исследуемой системе таких величин как: среднесуточный объём потребления груза, среднее квадратичное отклонение среднесуточного объема потребления, среднесуточный объём производства груза, среднее квадратичное отклонение среднесуточного объема производства. Так же в модели возможно изменение следующих параметров: расстояния железнодорожного и автомобильных участков, перерабатывающая способность железнодорожных и автомобильных грузовых фронтов, количества отправляющихся вагонов в грузовом составе, грузоподъемности машин и вагонов, маршрутной скорости состава и автомобиля, времени выполнения погрузо-разгрузочных работ.

С помощью модели был проведен эксперимент со следующими исходными данными: длина жд и авто участков 600 и 400 километров соответственно, средняя участковая скорость состава и автомобиля 35 и 45 км/ч соответственно, грузовые фронты рассчитаны на одновременную работу с 10 вагонами и 10 автомобилями, время погрузки груза в автомобиль груза – [0.50, 0.40, 0.30] часа, время погрузки груза в вагон - [0.80, 0.40] со средним значением 0.60 часа, время выгрузки груза из автомобиля - [0.25, 0.15] со средним значением 0.20 часа, время выгрузки груза из вагона - [0.40, 0.20] со средним значением 0.30 часа. Время выполнения доставки представлено в виде гистограмм на рисунке 2.

Опыт работы логистического центра на железной дороге показывает, что при значительной нагрузке важнейшим фактором является ритмичность перевозочного процесса[7]. Построенная модель позволяет оценить важные для этого оптимальные параметры цепи поставок: количество грузовых автомобилей, вагонов и составов; интервалы между отправлениями; корреляцию количества запасов.

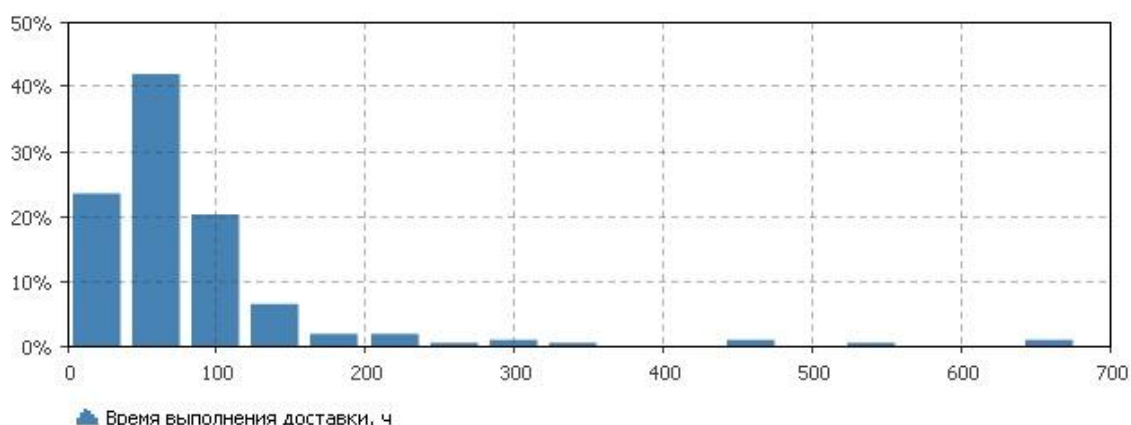


Рисунок 2 – Время выполнения доставки

Заключение

Имитационное моделирование представляет собой эффективный, а иногда и единственный способ исследования сложных систем. Модель может использоваться для оптимизации работы как складов на стыке двух видов транспорта, так и складов грузоотправителей и грузополучателей.

Вместе с тем следует отметить, что ряд вопросов, касающихся создания и функционирования системы транспортно-логистических центров в цепи поставок нуждается, в дальнейшей разработке. Так, в частности не до конца описана система управления запасами, применение которой в качестве инструмента менеджером по логистике может положительно сказаться на сокращении транспортных расходов и улучшении ритмичности грузовых мультимодальных перевозок

Список литературы

1. Коровяковский Е.К., Покровская О.Д. Содержательное описание логистического центра и его роли в системе международных транспортных коридоров // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. №(40). С.22–28
2. Маликов О.Б. Перевозки и складирование товаров в цепях поставок // Монография. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 536 с.
3. Лукинский В.В., Малевич Ю.В. Проблемы оценки эффективности функционирования транспортно-логистических центров // Журнал университета водных коммуникаций. 2012. № 1. С. 216–220.
4. Тимченко В.С., Ковалев К.Е., Хомич Д.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: монография / Саарбрюккен, Германия: LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. 172 с. ISBN 978-3-330-04025-0.
5. Тимченко В.С. Методика обоснования строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов» на основе имитационной модели // Вестник транспорта Поволжья. 2017. № 4. С. 59–66.
6. Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции с учетом количества поездных локомотивов методом имитационного моделирования // Вестник транспорта Поволжья. 2017. №2. С. 53–57.
7. Коровяковский Е.К. Проблемы развития системы логистических центров на железнодорожном транспорте // Логистические системы в глобальной экономике. 2013. № 3–1. С. 121–125.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ТРАЛОВ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА

Абдурахманов Роман Физулиевич – аспирант

ФГБОУ ВО Керченский Государственный Морской Технологический Университет
298300, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д.82, esiap@mail.ru

Сейитмембетов Рамазан Ренат оглу – Магистрант

ФГБОУ ВО Керченский Государственный Морской Технологический Университет
298300, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д.82, ramazan233@
mail.ru

Кучеренко Владислав Александрович – курсант 3 курса

ФГБОУ ВО Керченский Государственный Морской Технологический Университет
298300, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д.82, kucherenko@
mail.ru

Аннотация. В работе изложены основные принципы управления пелагическим тралом в условиях Азово-Черноморского бассейна. Получен вывод что для решения проблемы проектирования системы управления пелагическим тралом и с целью получения оптимально возможного объема добычи биоресурсов необходимо разработать и решить следующие задачи: построение трала, процесс автоматизированного открытия и закрытия трала и выборка трала.

Ключевые слова: системы управления, пелагический трал, проектирование.

DESIGNING CONTROL SYSTEMS FOR PELAGIC TRAWLS OF AZOV-BLACK SEA

Abdurakhmanov Roman Fezulievich – 3 year postgraduate student

Seyitmembetov Ramazan Renat oglu – Candidate for a Master's Degree

Kucherenko Vladislav Aleksandrovich – 3rd year cadet

Kerch State Maritime Technological University

st. Ordzhonikidze, 82, Kerch, 298300, Russian Federation, ramazan233@ mail.ru

Abstract. The main principles of the pelagic(midwater) trawling in the Black Sea & the Sea of Azov are reviewed in this paper.

It is concluded that in order to solve the problem of designing the control systems for pelagic trawls and to yield maximum allowable harvests of biological resources it is required to construct the trawls, to develop the process of automatic opening (exposure) & closing the trawl, as well as hauling in the trawl.

Keywords: control systems, pelagic trawl design.

Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн включает в себя Черное и Азовское моря с бассейнами впадающих в них рек и все водные объекты рыбохозяйственного значения Республики Адыгея, Республики Калмыкия (за исключением Каспийского моря с бассейнами впадающих в него рек), Карачаево-Черкесской Республики, Краснодарского и Ставропольского краев, Волгоградской (бассейн реки Дон), Воронежской, Липецкой, Ростовской, Саратовской (бассейн реки Дон) и Тульской областей (бассейн реки Дон), за исключением прудов, обводненных карьеров, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной и частной собственности.

Правила рыболовства регламентируют добычу (вылов) водных биологических ресурсов (далее – водные биоресурсы) в целях осуществления промышленного рыболовства, прибрежного рыболовства, рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях, ры-

боловства в учебных и культурно-просветительских целях, рыболовства в целях товарного рыбоводства, воспроизводства и акклиматизации водных биоресурсов, любительского и спортивного рыболовства.

Анализ литературных источников. В 2014 году в Крыму было 89 рыбодобывающих предприятий, а сегодня их уже почти 300 [4].

Донные траления практиковались до 1985 года. До 1992 года использовалось более 100 единиц судов, осуществляющих траловую добычу (вылов) рыбы. До 2014 года было 56 единиц таких судов.

На сегодняшний день используется 32 рыбопромысловых судна, 30 из них могут осуществлять добычу (вылов) рыбы с использованием пелагических тралов. Пелагический (или разноглубинный) трал – это сетное отцеживающее орудие лова, которое буксируется судном у поверхности или в толще воды, а не по дну моря.

Правилами рыболовства введено ограничение размера для пелагических тралов по верхней подборе – не более 38 метров. Ранее этот размер был равен 56 метрам. Таким образом, подборы трала не касаются дна. Добыча (вылов) с использованием пелагических тралов осуществляется в отношении следующих промысловых видов черноморской рыбы: хамса, шпрот (килька), тюлька. Данные виды рыб не относятся к донным, а являются пелагическими, что полностью исключает использование при их добыче донных тралов [1–3]. Вообще в Черном море, прилегающем к побережью Крымского полуострова, очень мало участков, где рыбаки могли бы осуществлять промышленное рыболовство разноглубинными тралами. Например, практически не остается свободных участков в километровой прибрежной зоне из-за обилия закрытых для рыболовства участков в соответствии с Правилами рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна, а также из-за полигонов Черноморского флота, особо охраняемых природных территорий и участков акватории, выделенных под развитие аквакультуры. Так, участок черноморской акватории от меридиана мыса Ильи до меридиана мыса Чауда (Феодосийский залив) в течение всего года закрыт для ведения добычи водных биоресурсов на расстоянии менее 1,5 мили от уреза воды [3, 5].

Постановка проблемы. Основным недостатком существующих траловых рыболовных систем управления является использование для горизонтального раскрытия тралов громоздких и тяжелых (массой до 10 т) траловых досок, которые имеют большое сопротивление, при использовании в донном варианте разрушают среду обитания донных организмов, а при работе в поверхностном варианте ограничивают диапазон рабочих скоростей и глубин. Также система управления с траловыми досками не позволяет осуществить операции спуска трала на воду и его подъема на палубу непрерывно, так как при этом приходится совершать дополнительные операции подключения и отключения траловых досок, что сопряжено с возникновением аварийных ситуаций и увеличивает время обработки трала.

В связи с этим стоит проблема повышения эффективности работы траловой системы управления по совершенствованию процесса спуска трала на воду и его выборки, снижению сопротивления траловой системы.

Одним из направлений по решению этой проблемы является использование автоматизации гибких распорных устройств (ГРУ) для горизонтального раскрытия тралов. Как показывает анализ проведенных ранних исследований что применение донных тралов в условиях Азово-Черноморских бассейнов запрещено законодательством. Поэтому в качестве исследований выбран пелагический трал дающий за счет процесса автоматизации закрытия и раскрытия трала оптимально возможный объем добычи биоресурсов.

Цель и задачи исследования. Для решения проблемы сформулированной выше и с целью получения оптимально возможного объема добычи биоресурсов необходимо разработать проект системы управления пелагическим тралом автоматизации закрытия и раскрытия тралов. Для решения этой цели необходимо решить следующие задачи: построение трала, процесс автоматизированного открытия и закрытия трала и выборка трала.

В общем случае автоматизированная система управления объектом лова должна определять положение, параметры перемещения и распределения объекта лова, оценивать, насколько они соответствуют оптимальным, давать команду техническим средствам, предна-

значенным для оптимизации положения и поведения объекта лова, контролировать и корректировать ход процесса управления [1–4].

Автоматизация управления объектом тралового лова требует иногда применения весьма сложных схем и, в частности, управляющих вычислительных машин. Однако некоторые схемы автоматизации могут быть весьма простыми.

Известны и другие задачи автоматизации тралового лова – спуска-подъема трала, управления режимом работы источников физических полей средств интенсификации лова, автоматизации, обеспечивающей непрерывность тралового лова, регулирования угла атаки траловых досок и т. д.

Методы и материалы исследования. Методы исследований — включают экспериментальные и теоретические исследования а траловых систем с автоматизации закрытии и раскрытии тралов.

Предметом исследований является траловые системы.

Объект исследования процесс автоматизации открытия и закрытия трала.

Результаты исследования. Устройство управления пелагическим тралом, включающее комплекс судно-ваер-трал, траловый зонд, регулятор скорости траловой лебедки, траловую лебедку, контур защиты траловой лебедки от перегрузок, состоящий из датчика момента на валу траловой лебедки, задатчика предельного момента, выходы которых соединены с входами сумматора, и регулятор скорости судна, контур защиты судовой силовой установки, состоящий из датчика номинальной мощности и датчика мощности судовой силовой установки, выходы которых соединены с входами сумматора, подключенного через элемент выделения сигнала перегрузки к сумматору контура защиты траловой лебедки, при этом выход регулятора скорости траловой лебедки подключен к траловой лебедке, два выхода последней соединены соответственно с комплексом судно-ваер-трал и датчиком момента на валу траловой лебедки, второй выход и выходы комплекса судно-ваер-трал связаны соответственно с регулятором скорости судна, траловым зондом и датчиком мощности судовой силовой установки, отличающееся тем, что, с целью предохранения орудий лова от повреждений при придонном лове рыбы путем точного, отслеживания тралом рельефа грунта и точного вывода его на заданную глубину [5–8]. Устройство снабжено двухпозиционным релейным элементом, блоком выделения сигнала рассогласования, содержащим датчик расстояния от верхней подборы трала до грунта, датчик вертикального раскрытия трала и задатчик расстояния от нижней подборы трала до грунта, выходы которых подключены к входам сумматора, блоком остановки двигателя, содержащим две параллельные цепочки, каждая из которых состоит из элемента выделения модуля сумматора и однопозиционного релейного элемента, последовательно соединенных через первый выход сумматора. Второй вход которого подключен к задатчику зоны нечувствительности, при этом выходы каждой цепочки через логический элемент И и реле остановки лебедки подключены к траловой лебедке, а вход одной цепочки через элемент выделения средней величины сигнала соединен с выходом двухпозиционного релейного элемента и второй цепочки непосредственно с сумматором блока выделения сигнала рассогласования, выход которого соединен с регулятором скорости траловой лебедки через двухпозиционный релейный элемент, причем выход тралового зонда связан с входами датчиков расстояния от верхней подборы трала до грунта и вертикальным раскрытием трала. Контур защиты траловой лебедки от перегрузок снабжен двухпозиционным релейным элементом, вход которого соединен с выходом сумматора этого контура, а выход – с входом регулятора скорости судна. Открытие трала выполняется за счет протравливания стяжного троса, в этот момент управляющая лебедка ИГЭК переключается в положение «расторжено», причем вытравливается одновременно не более 3-6 метров, чередуя с короткими остановками для предотвращения образования излишней слабину стяжного троса. Эти манипуляции объясняются тем, что давление потока на задние кромки щитков оказалось недостаточно для преодоления условия, когда контроллер управляющей лебедки ИГЭК в положении «1». Протравливание в натяг стяжного троса позволят щиткам, сохраняя углы атаки, расходиться во внешние стороны от оси трала. Углы атаки щитков сохраняются,

но изменяются от максимальных значений в начальный момент процесса открытия и до минимальных в его заключительной фазе.

Заканчивается процесс максимального открытия в положении, при котором устанавливалось устойчивое равновесное состояние между всеми снимающими силами траловой системы и распорными силами дополненными усилием управляющей лебедки. Дальнейшее потравливание стяжного троса уменьшало углы атаки щитков, тем самым выводя систему из равновесия. С этого момента начиналось схождение щитков и закрытие входного устья трала по горизонтали, а образующаяся при этом слабина стяжного троса выбиралась управляющей лебедкой в положение контроллера на «1». Обычно трал закрывался раньше, чем управляющая лебедка выбирала всю слабину стяжного троса. При таком положении контроллера управляющей лебедки процесс закрытия трала завершался формированием купола, что означало готовность устройства к процессу открытия.

В работе изложены основные принципы управления пелагическим тралом в условиях Азово-Черноморского бассейна. Получен вывод что для решения проблемы проектирования системы управления пелагическим тралом и с целью получения оптимально возможного объема добычи биоресурсов необходимо разработать и решить следующие задачи: построение трала, процесс автоматизированного открытия и закрытия трала и выборка трала.

Список литературы

1. Дубровинский С.С., Корнейчук Ю.А. Промышленное рыболовство: Уч. пос. Владивосток: ДИПК, 2004. С. 116.
2. Бойцов А.Н., Висягин О.А., Зыкин В.И., Габрюк В.И., Осипов Е.В. Результаты экспериментальных и теоретических исследований гидродинамического распорного устройства раскрытия и управления параметрами входного устья трала: Науч. отчет. Владивосток, 1994.
3. Андреев Н.Л., Мереняшев М.К. Некоторые вопросы теории лова рыб тралами. "Рыбное Хозяйство". 1979. № 11. С. 50–53.
4. Баранов Ф.Л. К вопросу о взаимодействии трала и рыбы. "Рыбное Хозяйство". 1958. № 4. С. 43–45.
5. 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.
6. Соколов С.С., Нырков А.П., Чёрный С.Г., Жиленков А.А. Устройство контроля остойчивости судна // патент на полезную модель RUS 169161 14.06.2016
7. Чёрный С.Г., Будник В.Ю. Кластер проблематики в навигационных аспектах прохода судов в акватории крымского моста // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 271–275.
8. Черный С.Г., Жиленков А.А., Будник В.И. Программно-аппаратный комплекс информационного обеспечения системы динамического позиционирования морского объекта в двухмассовых системах // В сборнике: XXIII Санкт-петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам сборник материалов. Главный редактор В. Г. Пешехонов. 2016. С. 407–713.

УДК 656.132:62-83

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ БЕЗРЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНО-КРЫМСКОГО РЕГИОНА

Никитенко Яков Александрович – Магистрант

*ФГБОУ ВО Керченский Государственный Морской Технологический Университет
298300, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д.82, esiar@mail.ru*

Стороженко Алексей Владимирович – Магистрант

ФГБОУ ВО Керченский Государственный Морской Технологический Университет
298300, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д.82, esiap@mail.ru
Литвинов Александр Николаевич - Магистрант
ФГБОУ ВО Керченский Государственный Морской Технологический Университет
298300, Россия, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, д.82, JacobNik@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрена система управления тяговым электроприводом безрельсового транспорта г. Керчь, поиск решения увеличения энергоэффективности данной системы.

Ключевые слова: Электротранспорт, тяговый электропривод, проектирование системы управления.

DESIGN OF CONTROL SYSTEMS FOR THE TRACTION ELECTRIC DRIVE OF THE RAILLESS TRANSPORT IN THE EASTERN CRIMEA

*Nikitenko Yakov A. – Candidate for a Master's Degree
Storozhenko Aleksey V. – Candidate for a Master's Degree
Litvinov Alexander N. – Candidate for a Master's Degree
Kerch State Technological University
st. Ordzhonikidze, 82, Kerch, 298300, Russian Federation, JacobNik@mail.ru*

Abstract: The control system of traction electric drive for railless transport in Kerch, is reviewed the solutions to increase the energy efficiency of the system are sought.

Keywords: Electric transport, traction electric drive, control system design.

Городской электротранспорт относится к числу наиболее энергоёмких потребителей электрической энергии, его доля в общегородском потреблении составляет около 30%. Постоянное повышение стоимости энергоресурсов обуславливает необходимость повышение требований к качеству осуществления процессов управления тяговым приводом троллейбуса. Эти требования могут быть удовлетворены только путем внедрения современных ресурсосберегающих технологий, поэтому задачи разработки эффективных компьютеризованных систем управления электротехническими комплексами являются весьма актуальными и представляют как теоретический, так и практический интерес. Решению задач автоматизации управления процессом оптимизации электропривода посвящено значительное число научных и экспериментальных работ. Это обусловлено преимуществами метода бесконтактного управления тяговым приводом: возможностью реализации оптимального управления, минимизирую его потери электроэнергии, и возможностью реализации оптимального по быстродействию торможения троллейбуса. Реализация оптимального управления позволяет ужесточить требования к качеству ведения троллейбуса, снизить потребление электроэнергии, повысить качество и комфортабельность перевозки пассажиров за счет плавности хода троллейбуса [1–3].

Анализ результатов литературных исследований. В городе Керчи используется Реостатно-контакторная система управления тяговым электроприводом постоянного тока. В работе [1] приводятся общие сведения и технические характеристики электрических машин постоянного тока: Все электрические машины, устанавливаемые на троллейбусах, делятся на две основные группы. К первой группе относятся тяговые двигатели, предназначенные для преобразования электрической энергии постоянного тока в механическую, необходимую для приведения в движение троллейбусов, ко второй группе относятся вспомогательные электрические машины – двигатели и генераторы. Вспомогательные двигатели служат для привода компрессоров, вентиляторов, генераторов низкого напряжения и других механизмов. Это двигатели в основном с последовательным возбуждением. Электрические машины с параллельным возбуждением получили большое распространение в качестве приводов групповых переключателей (контроллеров) и генераторов электроэнергии вспомогательных

нужд, которые служат для питания электрооборудования низкого напряжения, цепей управления и для подзарядки аккумуляторных батарей. На троллейбусе обычно устанавливают один тяговый двигатель, рассчитанный на напряжение контактной сети 550 В.

В процессе работы двигатель нагревается, причем чем больше его нагрузка, тем больше потери мощности и нагрев электрической машины. Допустимая полезная нагрузка электрической машины ограничивается главным образом ее нагревом. По условиям нагрева машина может быть нагружена кратковременно больше, чем длительно. Полезная мощность, на которую рассчитана электрическая машина по условиям нагрева, называется номинальной. Работоспособность тягового двигателя в условиях резко меняющейся нагрузки ограничена не только его теплоотдачей, но и теплоемкостью. Поэтому для тяговых двигателей должна быть известна временная перегрузочная способность по условию нагревания, определяемая его теплоемкостью.

Постановка проблемы. Как мы видим из результатов анализа литературных источников что реостатно-контактная система управления тяговым электроприводом троллейбуса имеет значительные потери электроэнергии в результате мощных потребителей электроэнергии, которые имеют значительные тепловые потери, а также трудоемкое обслуживание различных узлов таких как коллекторно-щеточный переход двигателя, и контактной системы. Нам необходимо заменить эту систему на более энергоэффективную.

Цель и задачи исследования. Целью работы является повышение энергетической эффективности тягового электропривода городского безрельсового транспорта за счет замены действующей реостатно-контактной системы тягового электропривода на более экономичную с учетом современных технологий используемых в науке и технике.

Методы и материалы исследования. В работе использованы аналитические и электротехнические методы, позволяющие спроектировать систему управления тяговым электроприводом безрельсового транспорта в условиях Восточно-крымского региона.

Результаты исследований. Одна из систем которая более эффективней может использовать потребляемую ею электроэнергию по сравнению с реостатно-контактной системой, является безреостатная система тиристорно-импульсного управления (ТИСУ), которая строится на базе силовых GTO (Gate Turn Off) тириستоров. В такой системе необходимый по величине ток создаётся не коммутацией сопротивлений в цепи двигателя, а посредством формирования временной последовательности токовых импульсов заданной частоты и скважности. Изменяя эти параметры, можно изменять средний протекающий через тяговый электродвигатель (ТЭД) ток, а следовательно и управлять вращающим моментом ТЭД. Безреостатные системы разделяются на частотно-импульсные, широтно-импульсные и комбинированные [2,3]. Безреостатная система зарекомендовала себя как надёжная и экономичная система, и она используется на таких троллейбусах как ЗиУ-52642, БОГДАН Т 90110, МАЗ-103Т.

Наиболее перспективной для массового внедрения в городской электротранспорт системой управления тяговым приводом троллейбуса является система управления ТЭД переменного тока [4], ввиду высоких технико-экономических показателей и надёжности её работы. Упрощённая функциональная схема тягового асинхронного привода представлена на рисунке 1. Фильтр ДН1 ДН2 Управляющий контроллер ОТД ОН АИН Датчик скорости + ЛК - DC 600 V Ig Ug Icl Udc is1 is2 is3 Настройка и диагностика Система управления верхнего уровня С Контактная сеть Команды управления PWM FLT Тяговый преобразователь Драйверы и гальваническая розвязка ТАД М (рис. 1 – упрощенная функциональная схема тягового асинхронного привода).

Тяговые электромеханические системы на основе асинхронных двигателей являются более энергоэффективными и позволяют осуществить рекуперацию накопленной энергии обратно в контактную сеть при торможении, за что отвечает отделитель звена постоянного тока от контактной сети (ОТД).

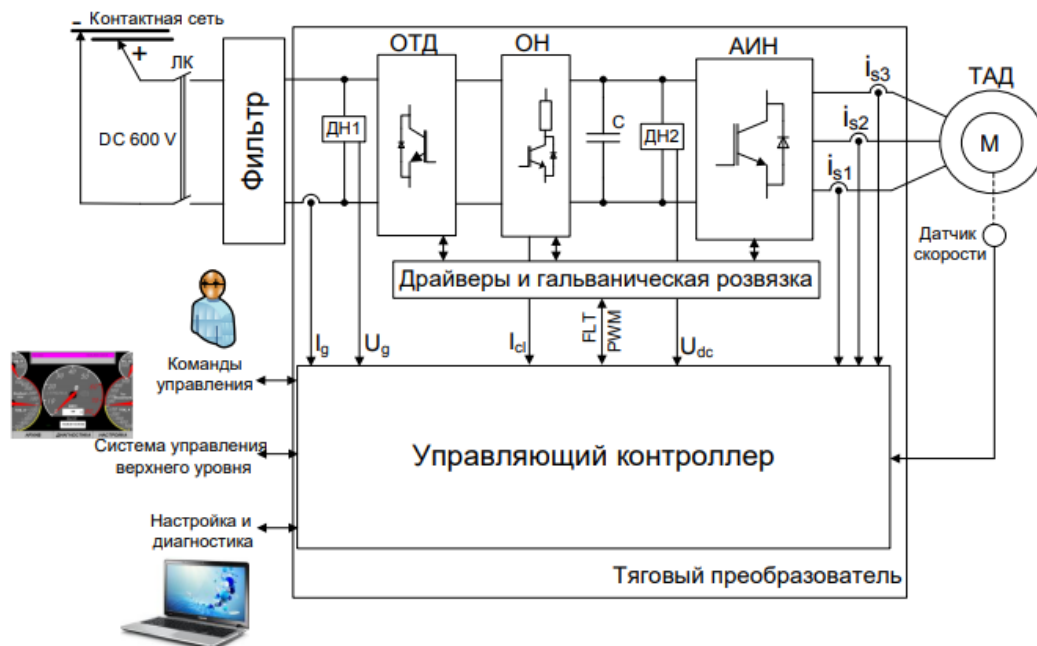


Рисунок 1 – Упрощённая функциональная схема тягового асинхронного привода

Однако такие системы требуют более дорогостоящего автономного инвертора напряжения (АИН) для питания асинхронного ТЭД и более сложных алгоритмов управления. В качестве силовых элементов используются IGBT-ключи. Современные тяговые преобразователи используют цифровые сигнальные процессоры в качестве управляющих устройств, позволяющие применять современные методы и алгоритмы управления для ТЭД переменного тока (синхронных и асинхронных). Контроллер с таким процессором осуществляет формирование режимов работы электропривода с заданными параметрами с помощью ШИМ (PWM), обработку сигналов защиты и аварийного отключения электропривода, приёма и передачи внешних управляющих, задающих и информационных сигналов. Для связи с другими устройствами системы используются надежные протоколы передачи данных: 404 CANopen, ModBus и другие [5]. Система с микропроцессорным управлением имеет следующие преимущества: экономия электроэнергии до 25% (по сравнению с РКСУ); бесступенчатое регулирование скорости; движение при любой полярности напряжения (переключение происходит автоматически); дистанционное изменение направления движения (реверсирование); самодиагностика с выводом световой и звуковой информации на лицевую панель блока управления и панель управления в кабине водителя. Тяговый электропривод переменного тока производится такими мировыми компаниями как Medcom, Skoda Electric, Cegelec и Siemens, ABB, Alstom, Bombardier и т.д [6-9]. Несмотря на свою существенную стоимость, троллейбусы с комплектными тяговыми электроприводами переменного тока пополняют ряды троллейбусного парка Украины: ЛАЗ-Е301 (ЭлектроЛАЗ-20, ElectroLAZ-20), АКМ-321, ЛАЗ Е183 (ЭлектроЛАЗ-12, ElectroLAZ-12).

В результате проведенных исследований реостатно-контакторной системы управления тягового электропривода являющейся основной системой безрельсового электротранспорта города Керчь, выявлено что она менее энергоэффективна в результате больших тепловых потерь. Предложена наиболее перспективная для внедрения в городской электротранспорт система управления тяговым ТЭД переменного тока, на тиристорно-импульсном управлении как более энергоэффективная система управления.

Список литературы

1. Корягина Е. Е., Коськин О. А. Электрооборудование трамваев и троллейбусов. М.: Транспорт. 1982. С. 4

2. Максимов А.Н. Городской электротранспорт: Троллейбус: Учебник для нач. проф. образования/ Анатолий Николаевич Максимов. – М.: Издательский центр «Академия». 2004. 256 с.

3. Ефремов И.С. Троллейбусы (теория, конструкция и расчёт). Изд.3, исправленное и дополненное. Учебник для вузов по спец. «Городской электрический транспорт» / И.С. Ефремов М. «Высш. школа». 1969. 488 с.

4. Король В. Особенности применения тягового асинхронного электропривода в составе рельсового транспорта. [Электронный ресурс]. – Механика Машин, Механизмов и Материалов. 2012. № 1 (18).

5. Санников Н. Bombardier Transportation Современные транспортные решения для городской среды. [Электронный ресурс]. – Презентация для 1-го международного инвестиционного форума «Модернизация инфраструктуры российских городов: путь – 2018». – Москва, 5-6 июля 2012 г

6. Соколов С.С., Нырков А.П., Чёрный С.Г., Жиленков А.А. Устройство контроля остойчивости судна // патент на полезную модель RUS 169161 14.06.2016.

7. Chernyi S.G., Logunova N.A., Aleksahina L.V. Institutional and organizational aspects of regional marine transport system strategic development // Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies. 2017. С. 128–131.

8. Чёрный С.Г., Будник В.Ю. Кластер проблематики в навигационных аспектах прохода судов в акватории крымского моста // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017. СПб: ИПТ РАН. 2017. С. 271–275.

9. Черный С.Г., Жиленков А.А., Будник В.И. Программно-аппаратный комплекс информационного обеспечения системы динамического позиционирования морского объекта в двухмассовых системах // В сборнике: XXIII Санкт-петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам сборник материалов. Главный редактор В.Г. Пешехонов. 2016. С. 407–713.

УДК 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА КАК СРЕДСТВА ДОСТАВКИ ОГNETУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Дали Фарид Абдулалиевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 149, dalee@igps.ru

Егоров Андрей Александрович – слушатель 5 курса факультета экономики и права

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 149, andreev-e@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность использования беспилотных летательных аппаратов в качестве средства для тушения пожаров. Несмотря на то, что создаются различные разработки, способные обезопасить человека и имущество от пожара, он все равно остается беззащитным. К тому же, следует учесть тот факт, что прибытие дежурного караула к месту возгорания, не всегда может быть быстрым. Использование беспилотных летательных аппаратов позволяет осуществить скорую доставку огнетушащих веществ, а также провести превентивную разведку.

Ключевые слова: пожар, огнетушащие вещества, человек, конструкция, аэродинамика, тактика использования, системы управления.

THE USE OF DRONES AS MEANS OF DELIVERY OF EXTINGUISHING AGENTS FOR FIRE FIGHTING OF OBJECT OIL AND GAS INDUSTRY

Dali Farid Abdulalievich – PhD, Associate Professor at the Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Fighting Systems

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, dalee@igps.ru

Egorov Andrey Al. – student of the Faculty of Economics and Law

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, andreev@mail.ru

Abstract. *This article discusses the possibility of using unmanned aerial vehicles as tools for fighting fires. Despite the fact that there are a variety of developments, able to protect man and property from fire, it is still defenseless. Besides, you should take into account the fact that the arrival on duty of the guard to the place of fire, may not always be quick. The use of drones allows for quick delivery of fire extinguishing substances, and also conduct preventive intelligence.*

Keywords: *drone, fire, extinguishing agent, people, fire extinguishing substances, man, construction, aerodynamics, tactics of use, control systems.*

Создание средств управляемых на расстоянии имеет богатую историю. Один из первых удачных опытов, созданная английским инженером Уайтхедом в 1886 году электроторпеда. Для приведения в действие электроторпеды, специалист калибровал данные в виде расстояния, скорости движения и глубины. С момента создания первых аэропланов, предпринимались попытки сделать их беспилотными. Наиболее продвинутыми считаются летающие торпеды американского инженера Кеттеринга и проект немецкого планера «Летучая мышь». К началу Второй Мировой войны, некоторые государства преуспели в области создания беспилотных аппаратов. В частности, в боевых действиях активно использовались бронированные аппараты на танковых гусеницах «Голиаф». Также, ближе к концу боевых действий, активно применялись при бомбардировке Лондона в 1944 году первые крылатые ракеты V-1 (ФАУ-1). При запуске, они переходили под управление оператора, управляющего данной техникой из специального самолёта. После Второй Мировой войны, наблюдается активное производство и рост внимания к беспилотной технике. В частности, США активно применяет беспилотные модификации устаревших истребителей на фронтах Корейской и Вьетнамской войн. В это время страны Западного блока и СССР принимают концепцию применения беспилотных аппаратов в качестве разведчиков, что по факту применяется и по сегодняшний день.

В современном мире беспилотные летательные аппараты классифицируют по следующим типам схем конструкций:

- вертолетные схемы, где используется подъемная сила при вращении винтов;
- классическая самолетная схема в разных вариациях, когда полет основан на принципе использования подъемной силы крыльев, возникающей при движении самолета в воздушной массе;
- аппарат конструкции «Утка» – крыло, располагающееся в хвостовой части фюзеляжа;
- аппарат конструкции «Летающее крыло» – отсутствие или минимизация фюзеляжа, а также отсутствие стабилизаторов.

Однако если учесть тот факт, что беспилотный летательный аппарат создавался первоначально классической конструкции, то следует обратить внимание на его аэродинамические качества и свойства. Прежде всего, коснемся, теории крыла. Для решения задачи подъемной силы следует обратить внимание на конструкцию аппарата. Аппарат классической самолетной схемы удобен тем, что подъемная сила крыла позволяет маневрировать при полёте, а также анализировать больше информации на значительном расстоянии.

Подъемная сила крыла Y обычно определяется по данной формуле:

$$Y = 0,5 \cdot C_y \cdot P \cdot V^2 \cdot S$$

где: C_y – коэффициент подъемной силы крыла; V – скорость потока; P – плотность воздуха; S – площадь крыла.

Подъемная сила создается за счет разницы давлений воздуха в поверхностях аппарата. Также давление воздуха зависит от расчета и распределения скоростей воздушных потоков вблизи данных поверхностей.

При конструировании беспилотного летательного аппарата следует учесть также правильное расположение необходимых консолей и агрегатов. Показательным фактором данного аргумента может служить теория аэродинамической управляемости, предложенная ученым Николаем Егоровичем Жуковским. Она заключается в том, что необходимые агрегаты и консоли должны располагаться так, чтобы обеспечивать устойчивость аппарата в воздухе, как в бреющем полёте, так и при маневрировании. Например, при крене аппарата может возникать скольжение или обтекание воздухом под некоторым углом сбоку. Из-за разности условий обтекания плоскости центр приложения подъемной силы аппарата смещается в сторону опущенной плоскости и возникает поперечный момент сил, который выводит аппарат из крена.

Системы управления БПЛА могут быть:

- дистанционные по радиоканалам;
- автономные за счет программного обеспечения;
- с использованием спутниковой, инерционной, магнитной навигации;
- с использованием средств ориентировки по сопоставлению рельефа местности и карты (снимков);
- комбинированные.

Если рассматривать БПЛА классической самолетной схемы, то в них применяются системы дистанционного управления, когда оператор находится в одной точке, и через изображение, исходящее через камеру получает необходимую информацию для дальнейшего пилотирования. Также применяется система спутниковой связи, когда необходимые данные загружаются в БПЛА через навигационные системы. Подобной системой пользуются в МЧС России при мониторинге пожаров, загружая в аппараты типа ZALA-600 координаты, переданные через спутниковую систему ГЛОНАСС для дальнейшего мониторинга и оценки ситуации.

Анализируя существующие системы управления аппаратами, можно прийти к выводу, что при создании беспилотного летательного аппарата необходимо учитывать управляемость, а также правильность компоновки аппарата и оборудования.

При создании аппарата, способного заниматься тушением пожаров дистанционно, следует учесть следующее: схема построения БПЛА, размеры БПЛА, аэродинамические данные, необходимое пожарно-техническое вооружение, тактика использования.

Если начать с первого фактора, то необходимо принять во внимание внешний вид, прочность и функциональность. Данные характеристики, а также вышеописанные факторы отлично подходят аппарату классической самолётной конструкции.

Теперь обратимся к такой составляющей как размер аппарата. Он будет в дальнейшем определять необходимость и актуальность использования беспилотного летательного аппарата для тушения пожара.

Аэродинамические данные составляются посредством расчётов и проведения необходимых испытаний, чтобы в дальнейшем пустить аппарат в производство.

Если касаться вопроса пилотирования БПЛА классической самолётной схемы, то в них применяются системы дистанционного управления, когда оператор находится в одной точке, и через изображение, исходящее через камеру получает необходимую информацию для дальнейшего пилотирования. Также применяется система спутниковой связи, когда необходимые данные загружаются в БПЛА через навигационные системы. Подобной системой пользуются при мониторинге МЧС России, вбивая в аппараты типа ZALA-600 координаты,

переданные через спутниковую систему ГЛОНАСС для дальнейшего мониторинга и оценки ситуации.

Фюзеляж БПЛА может быть выполнен из такого материала, как стеклопластик. Оптимальным будет содержание пластика 70–80 %, стекловолокна 20–30 %. Как вариант, можно рассматривать стекловолокно следующих разновидностей: Е-стекло, S-стекло, кремнезем. Хорошо использование стеклонеполненного полиамида 66, его температура плавления составляет 260 С°, однако возможна обработка термостойким покрытием. Преимуществом такого рода материала корпуса является его сравнительно малый удельный вес, что позволит нам увеличить полезную грузоподъемность аппарата. Также увеличить огнестойкость самого аппарата можно путем покрытия корпуса слоем обляционной краски – вещества, изготовленного с применением углеродных нанотрубок.

Теперь коснёмся такой составляющей как размер аппарата. Он будет в дальнейшем определять необходимость и актуальность использования БПЛА. Аэродинамические данные составляются посредством расчётов и проведения необходимых испытаний, чтобы в дальнейшем пустить аппарат в производство.

Беспилотный летательный аппарат самолетного типа на бреющем полёте, подлетая к месту пожара, осуществляет его тушение, посредством сбрасывания бомбы. Получается, что данный аппарат будет предполагать собой машину, основанную тактике военной авиации, в частности штурмовой. Это подчёркивает степень того, насколько опасным может быть метод её использования. Если посмотреть на тактику штурмовой авиации, то она предполагает наиболее мощное поражение при штурмовом ударе посредством бомбардировки снарядами. Разнохарактерность объектов по стойкости и разрушаемости вызывает необходимость применения разнотипных и разнокалиберных бомб. В некоторых случаях, такая бомбардировка может предполагать использование не одного, а нескольких БПЛА. Для облегчения нанесения удара целесообразно выделять в голове боевого порядка один аппарат для показательного бомбардирования места пожара. Одновременно эти бомбы служат целеуказателями ведения действий по дальнейшему тушению. Однако, вследствие того, что может возникнуть рассеивание крупных снарядов или же их малой эффективности при бомбардировочном тушении, следует разработать снаряды небольших размеров с огнетушащими веществами. Крепление нескольких десятков снарядов с огнетушащими веществами на один беспилотный летательный аппарат данного типа, а также их сброс могут заметно повлиять на процесс тушения пожара. Бомбардировка пожара такими кассетными снарядами, значительно может уменьшить его размеры, что позволит пожарным расчётам немедленно его локализовать. Следует отметить, что бомбардировка может предполагать первичное тушение или локализацию пожара в зависимости от масштаба возгорания.

Однако у данной системы присутствуют недостатки. Он заключается во влиянии продуктов горения пожара на работоспособность аппарата, что может проявляться в износе консолей аппарата, а также нарушении работы двигателя и его взрывоопасности. Однако если данный аппарат выполнить из негорючих материалов, то вероятность аварии может заметно уменьшиться.

Несмотря на недочёты, можно выделить и положительные стороны, а именно в экономическом плане вылет и тушение данным аппаратом значительно дешевле тушения пожара вертолётном. Также можно обратить внимание на то, что смена необходимого оборудования будет осуществляться значительно быстрее, чем на обычном самолёте, а закупка и замена запчастей может осуществляться через магазины для моделистов. Также положительной стороной использования БПЛА, можно считать уменьшение количества человек, задействованных на тушении пожара в несколько раз.

Подводя итог, следует отметить, что тушение пожаров с помощью беспилотного летательного аппарата может осуществляться при тушении особо крупных очагов возгорания в городской черте или в лесной местности, а также в труднодоступных регионах. Эффективность применения данного метода возрастёт при тушении объектов нефтяной и газовой промышленности, в особенности беспилотный аппарат может совершить бомбардировочное тушение там, где не сможет это осуществить пожарный расчёт.

Беспилотный летательный аппарат подобного типа в дальнейшем может повлиять на расширение задач и полномочий подразделений специальной авиации МЧС России.

Список литературы

1. Авиация: Энциклопедия / Гл. ред. Г. П. Свищёв. – М.: Большая Российская энциклопедия. 1994. 736 с.
2. Шидловский А.Л., Булатов В.О., Григорьев А.С. Использование беспилотных летательных аппаратов при проведении первоочередных аварийно-спасательных работ сотрудниками подразделений МЧС России. Учебное пособие / Под общей ред. проф. О.М. Латышева. СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2015. 226 с.
3. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. Ч.1. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Высшая школа». 1976. 384 с.
4. Карман, Т. фон. Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2001. 208 с.
5. Меднис А. Тактика штурмовой авиации. / Под ред. В. Хрипина. 2-е исправленное издание. – М.: Воениздат НКО СССР. 1936. 164 с.
6. Нехорошев С.Н. и др. Справочник спасателя: Книжки 1-13 / ВНИИ ГОЧС. – М.: 2006.
7. Савельев А.Я. Арифметические и логарифмические основы цифровых автоматов. Учебник. М.: Высш. Школа. 1980. 255 с.
8. <http://www.solutions.3mrussia.ru> русскоязычный сайт компании 3М –производителя вещества Novac 1230.

УДК 658.382.3

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АХОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ

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., д. 149, oleg-savchuk@mail.ru

Аксенов Александр Александрович – адъюнкт кафедры сервис безопасности

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, 79117183190@yandex.ru

Аннотация. На основе анализа и оценки риска химической опасности при авариях автомобильного транспорта, перевозящего АХОВ по Республике Мордовия сформулирована проблема по обеспечению химической безопасности, даны рекомендации по совершенствованию системы обеспечения химической безопасности и достижения приемлемого уровня риска.

Ключевые слова: аварийно-химически опасное вещество (АХОВ), пренебрежимый риск, приемлемый риск, подразделения ГПС МЧС России.

WAYS TO IMPROVE SECURITY SYSTEM DURING TRANSPORTATION OF CHEMICAL CARGOES BY MOTOR TRANSPORT IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA

*Savchuk Oleg N. – PhD, professor, professor at the Department of safety service
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, oleg-savcuk@mail.ru
Aksenov Aleksandr Al. – adjunct at the Department of safety service
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, 79117183190@yandex.ru

Abstract. The problem has formulated security provision by transportation chemical substance motor transport in the Republic of Mordovia. Recommendations are given for improvement chemical safety and for achievement acceptable risk. The goal is achieved by risk analysis on chemical hazard.

Keywords: chemically dangerous substance, negligible risk, acceptable risk, fire brigade.

Ежегодно в России автомобильным транспортом перевозится до 39 % общего объема перевозимого груза, причем доля опасных грузов в общем объеме грузовых перевозок постоянно растет и в настоящее время составляет свыше 20 % или около 800 млн. т. в год, из них 65 % приходится на долю автомобильного транспорта [1].

Несмотря на количественное уменьшение ЧС на ХОО остается довольно высокая вероятность риска аварий на транспорте, перевозящем АХОВ, а также в связи с появлением новых угроз, связанных с возможным осуществлением террористических актов на таких объектах в крупных населенных пунктах.

На территории Республики Мордовия расположены 6 ХОО: ОАО «Биохимик», ОАО «Молочный комбинат Саранский», ОАО «САН-ИнБев», ОАО «МПК Оброченский», ОАО «МПК Атяшевский», ОАО «МПК Торбеевский». В технологическом процессе данных ХОО используются аммиак и соляная кислота, которые доставляются автомобильным транспортом с заводов-производителей, находящихся в г. Тольятти ОАО «Тольяттиазот», г. Новомосковске НАК «Азот».

Оценка риска химической опасности на различных участках маршрута перевозки АХОВ автомобильным транспортом по территории Республики Мордовия была произведена по методике [2] при помощи программы [3]. Оценка риска химической опасности производилась при перевозке аммиака автомобильным транспортом из АО «НАК АЗОТ», находящегося в г. Новомосковск на ОАО «САН ИнБев» по территории Республики Мордовия при следующих параметрах: авария произошла при разгерметизации цистерны вследствие террористического акта, площадь разгерметизации $0,04 \text{ м}^2$, масса привозимого аммиака – 10 тонн, пробоина в днище, класс устойчивости атмосферы – инверсия, погода сухая, скорость ветра 1 м/с, температура воздуха 20°C . Маршрут перемещения изображен на рисунке 1.

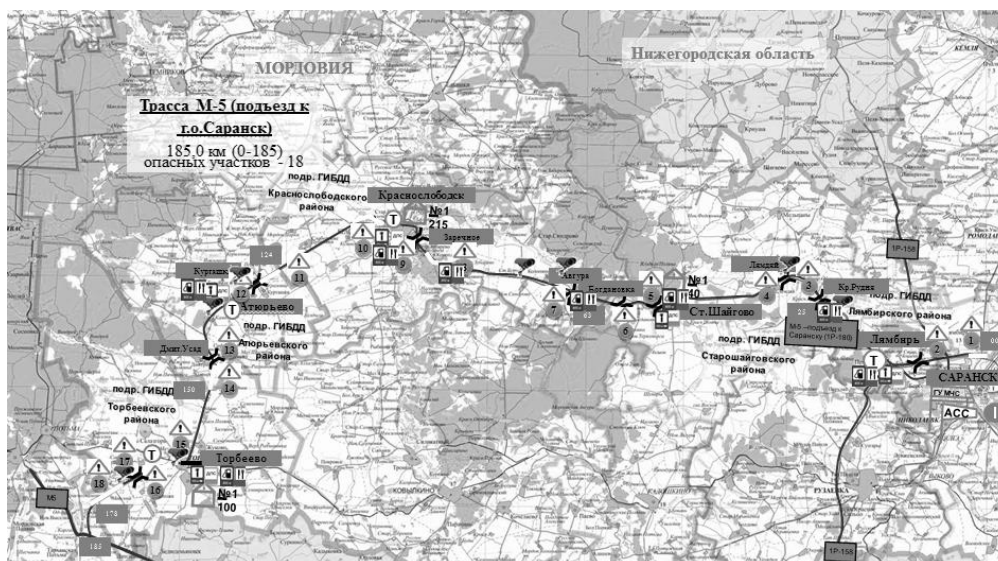


Рисунок 1 – Маршрут перевозки аммиака автомобильным транспортом по территории Республики Мордовия

График риска химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из АО «НАК АЗОТ», находящегося в г. Новомосковск на ОАО «САН ИнБев» по территории Республики Мордовия изображен на рисунке 2.

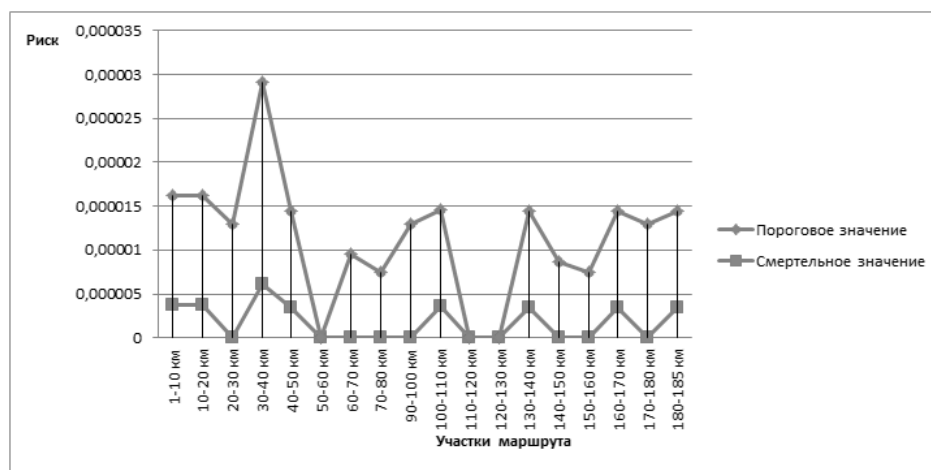


Рисунок 2 – График значения риска химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из АО «НАК АЗОТ», находящегося в г. Новомосковск на ОАО «САН ИнБев» по территории Республики Мордовия

На основе анализа результатов оценки риска химической опасности на рассматриваемом маршруте можно сделать вывод о том, что пренебрежимый пороговый риск химической опасности ожидается на участках маршрута: 1-50; 90-110; 130-140; 160-185 км. Это обусловлено тем, что на данных участках маршрута расположены населенные пункты в непосредственной близости к автодороге, а место дислокации реагирующих подразделений находится на удаленном расстоянии, поэтому в случае аварии ликвидация происходит не раньше чем через 20-30 мин.

Согласно [3], основными путями совершенствования организации безопасности населения и ликвидации последствий аварий с проливом АХОВ являются:

1. Определение оптимальных безопасных для основной массы населения маршрутов и скорости перемещения в населенных пунктах (городах) осуществляется путём оценки риска химической опасности на отдельных участках маршрута перевозки АХОВ и выбора объездных путей «опасных» участков маршрута с меньшим риском.

Результаты оценки риска химической опасности на рассматриваемом маршруте показывают, что неприемлемый риск химической опасности составляет 85 % от всей протяженности маршрута.

Для рассматриваемого случая предлагается:

На участках, где наблюдается неприемлемый пороговый риск (1-50; 90-110; 130-140; 160-185 км) выбирать объездные пути с приемлемыми рисками.

Результаты оценки риска химической опасности с учетом изменения маршрута представлены в таблице 1.

В результате изменения маршрута неприемлемый пороговый риск химической опасности наблюдается на трех участках маршрута, что составляет 30 % всего маршрута.

2. Назначение времени отправки транспорта осуществлять с учетом наименьшего грузопотока на маршруте и метеорологических условий, которые способствовали бы наименьшему распространению зараженного облака при авариях с проливом АХОВ.

Как показывают расчёты наиболее неблагоприятные условия перевозки: инверсия, скорость ветра менее 2 м/с. Поэтому перевозку АХОВ целесообразно осуществлять днем летом, когда в большинстве районов населенного пункта наблюдается состояние стратификации – конвекция, при скорости ветра более 2 м/с. В зимнее время при низких температурах воздуха можно осуществлять перевозки в любое время суток. Перемещение следует осуществлять на скоростях не менее 30 и не более 60 км/ч.

Таблица 1 – Результаты оценки риска химической опасности при перевозке аммиака автомобильным транспортом из ОАО «Тольяттиазот» в ОАО «Молочный комбинат Саранский» по территории Республики Мордовия с учетом изменения маршрута

Номер участка	Участок маршрута	Удаленность от населенного пункта, м	Глубина химического заражения (пороговое значение), м	Глубина химического заражения (смертельное значение), м	Пороговый риск химической опасности	Смертельный риск химической опасности
1	1-10 км	10	833	445	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$
2	10-20 км	200	833	445	$4,1 \cdot 10^{-6}$	0
3	20-30 км	2000	1250	668	0	0
4	30-40 км	1500	1250	668	0	0
5	40-50 км	1800	1666	891	0	0
6	50-60 км	1800	1666	891	0	0
7	60-70 км	1600	1666	891	$1,1 \cdot 10^{-8}$	0
8	70-80 км	500	1250	668	$9,6 \cdot 10^{-6}$	0
9	90-100 км	1800	1666	891	0	0
10	100-110 км	200	1666	891	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
11	120-129 км	500	1250	668	$7,1 \cdot 10^{-5}$	0

3. Совершенствование способов обеспечения безопасности населения и лиц сопровождающих опасный груз в случае аварий с проливом АХОВ.

Для реализации данного мероприятия предлагается доукомплектовывать автотранспорт, перевозящий АХОВ средствами индивидуальной защиты, защищающий от опасных факторов, возникающих в случае аварии на каждого члена экипажа. Для обеспечения безопасности населения устанавливать на автотранспорт, привозящий АХОВ, громкоговоритель для оперативного оповещения населения, в память громкоговорителя следует заведомо подготавливать запись речевого сообщения, которое немедленно воспроизводится по громкой связи в случае аварии.

4. Совершенствование технических средств, привлекаемых к ликвидации последствий в целях повышения эффективности и быстрой ликвидации последствий таких аварий.

Для оперативной оценки риска химической опасности на автомобильном транспорте, перевозящем АХОВ, в случаях неполной разгерметизации с помощью методики оценки риска химической опасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом требуется знание таких параметров: количество пролитого АХОВ, размеры пробоины (разгерметизации) и площади разлива на участке торможения и в районе остановки.

Получение этой информации в кратчайшие сроки после реализации химически опасной аварии весьма проблематично. В целях оперативного сбора требуемой исходной информации для прогнозирования глубины химического заражения предлагается устанавливать в перевозимых цистернах с АХОВ устройство [6], позволяющее оперативно по радиоканалу передавать данные об уровне жидкого АХОВ в цистерне на момент аварийной остановки, что будет определять количество АХОВ, пролитое на участке торможения, и в районе аварийной остановки до локализации или полного истечения из цистерны.

5. Совершенствование способов оперативной локализации аварии и обеззараживания участков местности (водоемов) при проливе АХОВ.

В целях своевременной постановки водяных завес в случае аварии целесообразно включение в состав аварийно-спасательного инструмента подразделений аварийно-спасательного контейнера для ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий, связанных с разливом АХОВ, – «АСК-АХОВ», разработанного по заказу МЧС России в рамках [7].

6. Предварительное выставление подразделений ГПС МЧС России аварийно-спасательным инструментом на тех участках маршрута, где риск химической опасности превышает приемлемое значение, что позволит сократить время локализации аварии. Для рассматриваемого случая: на участках, где наблюдается неприемлемый пороговый риск (1-50; 90-110; 130-140; 160-185 км.) предлагается выставлять подразделения ГПС МЧС России, что позволит сократить время локализации аварии с 20-30 мин. до 5-10 мин. Данное мероприятие позволяет уменьшить ожидаемые риски химической опасности. Расчёты показывают, что в результате выставления подразделений риски на данных участках снизились до $1,1 \cdot 10^{-7}$, что является приемлемым результатом.

7. Снижение перевозимого количества АХОВ до показателей приемлемого риска. Для рассматриваемого случая максимально допустимой массой перевозимого аммиака в одном резервуаре составляет 0,7 тонн. При данной массе на всём маршруте риск химической опасности не превышает приемлемого значения, равного $9,6 \cdot 10^{-6}$.

Применение на практике данных рекомендаций позволяет значительно снизить риск химической опасности при транспортировке автомобильным транспортом АХОВ.

Список литературы

1. Савчук О.Н. Прогнозирование и ликвидация последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов. Монография. СПб: СПб УГПС МЧС России. 2014. 191 с.

2. Аксенов А.А. Об уточнении методики прогнозирования последствий аварий на автомобильном транспорте, перевозящем аварийно-химически опасные вещества (АХОВ) / А.А. Аксенов, О.Н. Савчук // Экологические последствия чрезвычайных ситуаций: актуальные проблемы и пути их решения: Материалы XXII Международной научно-практической конференции в рамках X Международного салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность – 2017». Москва. 2017. С. 112–119.

3. Свид. 2015610163 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа прогнозирования последствий аварий на транспорте, перевозящем АХОВ / О.Н. Савчук, А.А. Аксенов; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России (RU). – №2014661405; заявл. 11.11.14; опубл. 12.01.15, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

4. Савчук О.Н. Особенности прогнозирования выявления последствий при авариях (разрушениях) резервуаров с аварийно химически опасными веществами (АХОВ) при транспортировке автомобильным транспортом. / О.Н. Савчук // Проблемы управления рисками в техносфере. СПб УГПС МЧС России. 2010. №4. С. 37–45.

5. Савчук О.Н., Аксенов, А.А. К вопросу обеспечения экологической безопасности при авариях (разрушениях) резервуаров с АХОВ, перевозимых автомобильным транспортом / А.А. Аксенов, О.Н. Савчук // Экологические последствия чрезвычайных ситуаций: актуальные проблемы и пути их решения: Материалы XXII Международной научно-практической конференции в рамках X Международного салона Москва. 2017. С. 66–71.

6. Савчук О.Н., Аксенов, А.А. О совершенствовании сбора исходных данных для оперативного прогнозирования последствий аварий (разрушений) подвижных химически опасных объектов (ХОО). [Электронный ресурс] / А.А. Аксенов, О.Н. Савчук // «Проблемы управления рисками в техносфере» https://www.igps.ru/publication/Nauchnye_zhurnaly. 2018. № 3(45).

7. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 03.10.2013 № 846 – Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации. URL: <https://rg.ru/2013/10/08/bezopas-site-dok.html> (Дата обращения: 10.10.2018).

О СПОСОБЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ВОЗГОРАНИЙ ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шидловский Александр Леонидович – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, ppspsf@igps.ru

Чащин Александр Сергеевич – преподаватель
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149

Марасанова Ксения Николаевна – адъюнкт 3 курса факультета подготовки кадров высшей квалификации
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, ksu-mars@yandex.ru

Аннотация. В работе представлен анализ дисперсных систем, рассмотрен ряд причин возникновения загораний и самовозгораний перевозимых пористых веществ, приведены примеры крупных пожаров при транспортировке угля. Рассмотрены проблемные вопросы выбора способов предотвращения развития пожаров, выявлена необходимость разработки огнетушащих составов, способных резко повысить теплосъем с очага, и способных распространяться в выработанном пространстве на большие расстояния.

Ключевые слова: пористые материалы, горение, гелеобразующие составы, уголь, транспортные объекты, пожары, водовоздушные пены, самовозгорание.

ABOUT A WAY OF PREVENTION AND ELIMINATION OF IGNITIONS OF THE TRANSPORTED POROUS MATERIALS

Shidlovsky Alexander L. – PhD, assistant professor
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 109105, Russian Federation, ppspsf@igps.ru

Chashchin Alexander S. – teacher
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 109105, Russian Federation

Marasanova Kseniya N. – 3 Level adjunct, Faculty of highly qualified personnel training
The State Fire Safety Service University of the Ministry of Emergency Situations in the Russian Federation in Saint Petersburg.
Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 109105, Russian Federation, ksu-mars@yandex.ru

Abstract. The analysis of disperse systems is submitted in the publication, the variety of reasons of emergence of fire and self-ignitions of the transported porous substances is considered, examples of major fire when transporting coal are given. Problematic issues of the choice of ways of prevention of development of the fires are considered, need of development of the fire extinguishing structures capable to sharply increase heat removal from the center, and capable to extend in the developed space to long distances is revealed.

Keywords: Porous materials, burning, gel-forming structures, coal, transport objects, fires, air-and-water foams, self-ignition.

Пожарно-техническая литература чаще всего в числе дисперсных систем, склонных к самовозгоранию, рассматривает пыли. Однако существуют и иные дисперсные системы, для которых отсутствуют показатели пожарной опасности, и которые способны создавать реаль-

ную пожарную опасность. К рассматриваемым системам относятся, в первую очередь, пористые твердые материалы, пропитанные горючей жидкостью [1], а также угли.

Пористые материалы представляют собой твердотельную матрицу, содержащую поры, заполненные газом или жидкостью. К ним относятся: древесина, ткани, бумага, уголь, топливные брикеты и большая номенклатура синтетических материалов. Они широко используются в быту, промышленности, строительстве. При этом основным недостатком рассматриваемых пористых материалов является их повышенная горючесть [2].

В работах [1] пористые материалы рассматриваются как отдельный компонент многофазных систем, характеризующихся высокой пожарной опасностью, особенно, в сочетании с нефтепродуктами.

Доставка пористых материалов осуществляется различными видами транспорта (водный, железнодорожный, автомобильный и др.). Статистические данные пожаров на транспортных объектах, перевозимых пористые материалы, свидетельствуют о следующих причинах возгораний и самовозгораний перевозимых веществ: короткое замыкание электропроводки, поджог, нарушение пожарной безопасности при проведении огневых работ, нарушение режимов эксплуатации технологического оборудования, неосторожное обращение с огнем, химическое и биологическое самовозгорание пористых материалов [3].

На рисунках 1 и 2 приведены примеры крупных пожаров при самовозгорании вагонов с углём на железнодорожном транспорте.



Рисунок 1 – Возгорание грузового поезда с углем в Сосногорском районе Республики Коми. 07.05.2013 г.



Рисунок 2 – Возгорание 11 вагонов с углем грузового поезда, следовавшего из Забайкалья. 08.10.2011 г.

Развитие горения пористых материалов происходит при наличии горючего в порах и окисляющегося материала, а также притока к нему достаточного количества воздуха и условий теплообмена, при которых в окисляющемся материале выделяется тепла больше, чем теряется в окружающем пространстве. Состав и свойства пористых материалов изменяются в широких диапазонах, что существенно затрудняет ликвидацию их горения.

Воздействие некоторых факторов на процесс горения пористых материалов до настоящего времени недостаточно изучено, что затрудняет выбор способов предотвращения развития пожаров [4].

Подавление процессов возгораний пористых материалов осуществляется по следующим направлениям:

1. Снижением количества подаваемого в выработанное пространство воздуха, что уменьшает величину выделяемого тепла;
2. Снижением концентрации кислорода в атмосфере выработанного пространства до безопасного уровня;
3. Уменьшением химической активности пористых материалов, что сокращает выделение тепла;
4. Увеличением потерь тепла из окисляющихся пористых материалов в окружающее пространство за счет подачи хладагента, повышения теплопроводности и теплоемкости окружающей среды [4].

Повысить эффективность изоляции очагов самовозгорания пористых материалов от притока свежего воздуха позволяет применение гелеобразующих составов, основой которых чаще всего являются растворы жидкого стекла и хлористого аммония. Гели являются коллоидной системой, которая спустя некоторое время загустевает. Одним из преимуществ гелеобразующих составов является протекание эндотермической реакции при перемешивании исходных компонентов. Поэтому из-за поглощения тепла, происходит снижение температуры образующегося геля и обрабатываемых им пористых материалов [4].

Существенным недостатком гелеобразующих составов считается его многокомпонентность, что затрудняет его получение [4].

Добавка пенообразователей в количестве 1-5 % позволяет вспенивать воду, что значительно повышает эффективность борьбы с пожарами. Благодаря большой вязкости и незначительной плотности пена накапливается в пористой структуре материалов и производит объемную обработку выработанного пространства. Благодаря исследованиям выяснилось, что водовоздушная пена, поданная в скопление пористых материалов, делает их практически воздухонепроницаемым. Исследование сорбционной активности показало, что пористые материалы, обработанные водовоздушной пеной, поглощают в 2-3 раза меньше кислорода. Выявленные свойства пены позволяют использовать пенную обработку пористых материалов в выработанном пространстве для профилактики самовозгорания [4].

Применение водовоздушной пены в практике борьбы с эндогенными пожарами показало, что ее существенным недостатком является быстрый распад, что приводило к восстановлению утечек воздуха к очагу самовозгорания и выносу токсичных газов. Другим недостатком водовоздушных пен и вспененных суспензий являлось присутствие в составе в качестве газовой фазы воздуха. После подачи в выработанное пространство такой пены происходит ее распад, а выделяющийся воздух может попасть в очаг самовозгорания, стимулируя горение. Для устранения этого недостатка было предложено использовать в качестве газовой фазы инертные газы. Наибольшее распространение получили пены с использованием азота. На практике для вспенивания применяли азот в газообразном состоянии или в виде криогенной жидкости. Однако подача жидкого азота, имеющего температуру -196°C , требует точной дозировки из-за возможности замерзания воды [4].

Для борьбы с самовозгоранием пористых материалов применяются антипирогены, снижающие химическую активность пористых материалов по отношению к кислороду после его обработки. Наибольшее распространение в настоящее время в качестве антипирогенов получили хлористый аммоний, хлористый кальций, гашеная известь, карбамид и другие нетоксичные вещества. Антипирогены применяются преимущественно в виде водных растворов для профилактической обработки выработанного пространства. [4].

Эффективным способом воздействия на процесс самовозгорания является снижение концентрации кислорода в атмосфере выработанного пространства путем подачи газов, не поддерживающих горение. Преимуществом инертного газа перед остальными жидкими и твердыми составами является объемное воздействие на пористые материалы, практически неограниченная область распространения в выработанном пространстве и возможность воздействия на процесс самовозгорания на любой стадии развития. В практике борьбы с эндогенными пожарами использовались продукты сгорания, углекислый газ, азот [4].

В ряде многих исследований установлено, что скорость поглощения кислорода пористыми материалами снижается при увеличении его влажности. Причиной такого действия является заполнение жидкостью пор и образование пленки из воды на поверхности пористых материалов, что замедляет проникновение кислорода к активным центрам [4].

За счет потерь тепла, идущих на нагрев и испарение жидкости, повышение влажности пористых материалов приводит к замедлению процесса самовозгорания [4].

Выводы

Применяемые способы тушения пожаров пористых материалов недостаточно эффективны из-за многокомпонентности составов и быстрого распада огнетушащих веществ с выделяющимся воздухом, который может попасть в очаг самовозгорания, стимулируя горение. В виду этого необходима разработка способов, использующих состав, способный резко по-

высится теплосъем с очага и способный распространяться в объеме пористого горючего материала на большую глубину. Перспективным является использование составов на водногелевой основе, содержащего частицы, способные поглощать большое количество тепла, затрачиваемого на фазовые переходы, происходящие при постоянной температуре.

Поскольку наибольшую опасность представляют пожары пористых материалов при транспортировке в тоннелях, в дальнейшем будет уделено внимание компьютерному моделированию таких пожаров.

Список литературы

1. Галишев М. А. Исследование пожарной опасности дисперсных систем // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 1 (22). С. 15–21.
2. Анцупов Е. В., Родивилов С. М. Антипирены для пористых материалов // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 10. С. 32–39.
3. Тарасенко В. А., Думнов С. Н. Показатели пожарной опасности объектов и подвижного состава железнодорожного транспорта // Мир науки и инноваций. Иваново. 2015. Выпуск 2 (2). Том 1. С. 33.
4. Галсанов Н.Л. Обоснование метода подавления очагов самовозгорания угля в шахтах инертизирующими составами с замораживанием частиц жидкости: диссертация кандидата технических наук: 05.26.03 / Галсанов Нима Лайдапович; [Место защиты: Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"]. Кемерово. 2016. 150 с.

УДК 614.847

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЗОВОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Рыжих Мария Валентиновна – слушатель магистратуры факультета подготовки кадров высшей квалификации

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, r.masha-oskol@mail.ru

Трофимец Елена Николаевна – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, ezemifort@inbox.ru

Аннотация. В работе рассмотрена проблема оснащения пожарной техникой подразделений ГПС МЧС России. Проведен анализ выезда пожарных автомобилей к месту происшествия на примере пожарно-спасательной части №1 г. Белгород. Предложена компьютерная модель вызовов пожарных автомобилей на основе системы массового обслуживания.

Ключевые слова: пожарно-спасательная часть, пожарный автомобиль, противопожарная защита, чрезвычайная ситуация, отказ, вероятность, модель.

PROBABILISTIC MODELING OF CALLS TO FIRE TRUCKS

Ryzhikh Maria V. – graduate student of the faculty of training highly qualified personnel

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, r.masha-oskol@mail.ru

Trofimets Elena N. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of higher mathematics and system modeling of complex processes

Abstract. The paper considers the problem of equipping fire-fighting equipment of the units of state fire service of EMERCOM of Russia. The analysis of the exit of fire trucks to the scene on the example of fire and rescue unit №1 in Belgorod. A simulation model of the challenges of fire-fighting vehicles on the basis of a Queuing system.

Keywords: fire-rescue unit, fire truck, fire protection, emergency, failure, probability, model.

Проблема оснащения пожарной техникой и аварийно-спасательным оборудованием подразделений ГПС МЧС России является одной из главных проблем в области обеспечения безопасности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера. Именно поэтому, в каждом городе из расчета числа населения должно быть достаточное количество пожарных частей и структурных подразделений ГПС МЧС России, укомплектованных в полном объеме всей необходимой пожарной техникой и аварийно-спасательным оборудованием для предупреждения и ликвидации ЧС.

Для обеспечения высокого уровня противопожарной защиты города необходимо учесть минимальное количество пожарных автомобилей, которые должны находиться в комплектовании пожарных частей. Применим информационные технологии для создания компьютерной модели вызовов пожарных автомобилей [1–3]. На первом этапе проведем анализ и смоделируем ситуацию выезда пожарных автомобилей к месту происшествия за 120 суток на основании числа отказов в обслуживании вызовов на примере пожарно-спасательной части № 1 г. Белгород.

Под отказом понимается событие, которое состоит в том, что по очередному вызову не может выехать требуемое число пожарных автомобилей вследствие их занятости на других вызовах. В качестве критериев для обоснования числа n пожарных автомобилей для города используем временные, вероятностные и частотные характеристики безотказного обслуживания вызовов [4–8]. Для этого будем использовать результаты табл. 1, в которой представлено число одновременно занятых пожарных автомобилей и соответствующая ему вероятность.

Таблица 2 – Вероятность одновременной занятости пожарных автомобилей

Число пожарных автомобилей, k	Вероятность $P(k)$
0	0,9787
1	0,0063
2	0,0078
3	0,0030
4	0,0032
5	0,0009
Всего	$\approx 1,00000$

Вероятность того, что в произвольный момент времени заданного числа n пожарных автомобилей будет недостаточно для обслуживания вызовов вычисляется по формуле:

$$P_{>n} = 1 - \sum_{k=0}^n P_k \quad (n = \overline{0, n}),$$

где P_k – вероятность того, что в произвольный момент времени обслуживанием вызовов в городе одновременно занято k пожарных автомобилей, эти значения берем из таблицы 1.

Таблица 2 – Вероятность недостаточного количества пожарных автомобилей

P>0	0,0213
P>1	0,0150
P>2	0,0072
P>3	0,0042
P>4	0,0009
P>5	0,0001

На втором этапе моделирования определим ожидаемую продолжительность времени нахождения в ситуации T , когда для обслуживания вызовов не хватит n пожарных автомобилей в течение периода наблюдения $T_{набл.}$.

$$T_{>n} = T_{набл.} \cdot P_{>n}$$

Таблица 3 – Ожидаемая продолжительность времени

T>0	61,31313024
T>1	43,11639248
T>2	20,61501245
T>3	11,978191
T>4	2,735188051
T>5	0,181852225

Частота возникновения отказов $f_{отк.}(n)$ в обслуживании вызовов в городе при заданном числе пожарных автомобилей n определяется по следующей формуле:

$$f_{отк.}(0) = \lambda;$$

$$f_{отк.}(n) = \lambda - \sum_{k=1}^n f\{k\} = f_{отк.}(n-1) - f(n),$$

где f_k – частота возникновения ситуации одновременной занятости k пожарных автомобилей, где λ – число вызовов за период наблюдения.

Произведем расчеты вероятности $f_{отк.}(n)$.

Таблица 4 – Частота возникновения ситуации одновременной занятости

$f_{отк}(0)$	100
$f_{отк}(1)$	70,639
$f_{отк}(2)$	34,237
$f_{отк}(3)$	20,067
$f_{отк}(4)$	4,919
$f_{отк}(5)$	0,592

$$f_{отк.}(0) = \lambda$$

$$f_{отк.}(1) = \lambda - f(1)$$

$$f_{отк.}(2) = \lambda - f(1) - f(2) = f_{отк.}(1) - f(2)$$

$$f_{отк.}(3) = \lambda - f(1) - f(2) - f(3) = f_{отк.}(2) - f(3) \text{ и т.д.}$$

Частота возникновения полных отказов в обслуживании вызовов в городе при заданном числе n пожарных автомобилей вычисляется по формулам:

$$f_{n.o}(0) = \lambda;$$

$$f_{n.отк.}(n) = \lambda \cdot P_{(>(n-1))}, (n=1,2,3,...)$$

Частота возникновения частичных отказов в обслуживании вызовов в городе при заданном числе n пожарных автомобилей вычисляется по формуле:

$$f_{ч.отк.}(n) = f_{отк.}(n) - f_{n.отк.}(n), (n=1,2,3,...)$$

Таблица 5 – Расчетные значения критериев для обоснования числа n пожарных автомобилей в городе

Число ПА	Вероятность	Продолжительность	Частота отказов, случ./ед.времени		
n	$P(>n)$	времени $T(>n)$, час/ед.времени	$f_{отк.}(n)$	$f_{п.отк.}(n)$	$f_{ч.отк.}(n)$
0	0,0213	61,31	100,00	100,00	0,00
1	0,0150	43,12	70,64	2,13	68,51
2	0,0072	20,62	34,24	1,50	32,74
3	0,0042	11,98	20,07	0,72	19,35
4	0,0009	2,74	4,92	0,42	4,50
5	0,0001	0,18	0,59	0,09	0,50
....					

По результатам таблицы 5 можно сделать следующие выводы:

- если в состав дежурных караулов городских ПЧ включить 5 пожарных автомобилей, то будет обеспечен весьма высокий уровень противопожарной защиты города;
- в течение рассматриваемого периода времени (120 суток) для обслуживания вызовов в городе потребуется привлечь дополнительные пожарные автомобили извне лишь в единичных случаях;
- суммарная продолжительность занятости дополнительных отделений обслуживанием вызовов в городе составит около 0,18 ч. за год.

Список литературы

1. Батьковский А.М., Трофимец В.Я., Трофимец Е.Н., Фомина А.В. Модель автоматизированной системы оценки предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вопросы радиоэлектроники. 2016. № 5. С. 126–134.
2. Balychev S., Batkovskiy A., Kravshuk P., Trofimets V., Trofimets E. Situational modeling of transportation problems: applied and didactic aspects // Espacios, 2018. Т. 39. – № 10.
3. Трофимец Е.Н. Применение информационных технологий математического моделирования в вузах МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 3(23). С. 66–70.
4. Гладков П.С., Гладков С.В. Моделирование занятости пожарного автомобиля как системы массового обслуживания на основе метода псевдосостояний // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2008. № 2. С. 46–58.
5. Гладков С.В., Колбашов М.А., Волков А.В. Совершенствование информационного сопровождения руководителей дежурных смен при срабатывании систем автоматического вызова пожарных подразделений // В сборнике: Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. 2017. С. 38–41.
6. Каменецкая Н.В., Медведева О.М., Хитов С.Б., Маслаков М.Д. Методика оценки риска отказа в работе специальной техники в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 2–3. С. 5–13.
7. Каменецкая Н.В., Медведева О.М. О возможностях применения математического моделирования для выработки оптимальных управленческих решений в некоторых сферах оперативной деятельности МЧС России // Современное образование: содержание, техноло-

гии, качество. 2018. Т. 1. С. 58–61.

8. Золотарев А.А. Методы оптимизации распределительных процессов. М.: Инфра-Инженерия. 2014. 160 с.

9. Zolotarjov, A.A. (2014) Metodyi optimizatsii raspredelitelnyih protsessov. Moscow: In-fra-Inzheneriya [in Russian].

УДК 623.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПРЕСС МЕТОДА ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА

Зедгенизов Антон Викторович – кандидат технических наук. доцент кафедры нефтегазового дела

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова 83, azedgen@gmail.com

Налёттов Иван Николаевич – студент бакалавриата гр.НДДб-17-1

Иркутский государственный технический университет, институт недропользования, кафедра нефтегазового дела,

664074, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова 83, ivan.nalllyotov@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается проблемы организации дорожного движения на пересечениях, запрашивающих отдельные урбанизированные территории (транспортные расчетные районы). Приведена методика оценки емкости транспортных расчетных районов, позволяющая оценить транспортный спрос и, следовательно, интенсивность транспортных потоков к отдельным урбанизированным территориям. Особенностью предлагаемого метода является, полученный коэффициент использования территории, который позволяет с наименьшей трудоемкостью оценить транспортный спрос. Приведены примеры расчета транспортного спроса и интенсивности транспортного потока на запрашивающем пересечении одного из микрорайонов г. Иркутска. Оценено статистическое расхождение между фактическими данными числа корреспонденций и расчетными по предлагаемому методу. Вынесены рекомендации практического применения экспресс метода.

Ключевые слова: организация движения; транспортный спрос емкость транспортного расчетного района; коэффициент использования территории.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE ORGANIZATION OF ROAD TRAFFIC BASED ON THE EXPRESS OF A METHOD FOR ASSESSING TRANSPORT DEMAND

Zedgenizov Anton V. – Candidate of Technical Sciences. Associate Professor at the Department of Oil and Gas

Irkutsk State Technical University
Lermontov st., 83, Irkutsk, 664074, Russian Federation, azedgen@gmail.com

Naletov Ivan Nikolaevich - student gr.NDDb-17-1

Irkutsk State Technical University
Lermontov st., 83, Irkutsk, 664074, Russian Federation, ivan.nalllyotov@gmail.com

Abstract. The article deals with the problems of organizing traffic at intersections that power individual urbanized areas (transport settlement areas). A methodology for estimating the capacity of transport settlement areas is given, which makes it possible to assess transport demand and, consequently, the intensity of traffic flows to individual urban areas. A feature of the proposed

method is the resulting utilization of the territory, which allows us to estimate the transport demand with the least laboriousness. Examples of the calculation of the transport demand and the intensity of the traffic flow at the feeding intersection of one of the districts of the city of Irkutsk are given. The statistical discrepancy between the actual data of the number of correspondences and the calculated ones using the proposed method is estimated. Recommendations for the practical application of the express method were made.

Keywords: movement organization; transport demand is the capacity of the transport settlement area; territory utilization factor.

Для реализации основных транспортных проектов, прежде всего, таких как комплексная схема организации дорожного движения (КСОД) и проекты организации дорожного движения (ПОД) необходимы прогнозные значения объемов движения (интенсивности транспортных потоков) [2, 5]. В транспортном планировании для их прогнозирования часто приходится пользоваться весьма громоздкими и при этом не всегда точными эмпирическими зависимостями учитывающих уже сформировавшиеся урбанизированные территории [3]. Как правило, к таким территориям относят транспортные расчетные районы (ТРР), в состав которых входят отдельные центры массового тяготения (ЦМТ) жилые микрорайоны (районы), промышленные объекты, складские зоны, кампусы, торгово-развлекательные центры и т.п. [6]. Задача предлагаемого экспресс метода заключается в разработке взаимосвязи между фактической площадью ТРР и средней или средневзвешенной способностью генерировать корреспонденции.

На первом этапе определяется преобладание типа ЦМТ в ТРР. Например, жилые микрорайоны преимущественно состоят из жилья средней или высокой этажности, однако, существуют и гибридные микрорайоны, состоящие из жилья разной этажности. В таких случаях важно определить приблизительную долю застройки одного и другого типа с целью вычисления средневзвешенной этажности, рассматриваемого ТРР. Важно отметить, что почти любой ТРР, за исключением промышленных зон, будет сочетать в себе сопутствующие ЦМТ, например, жилые районы будут совмещены с торговлей товарами первой необходимости, детскими садами, спортивными площадками, гаражами и т.п., Студенческие городки (кампусы) в обязательном порядке будут иметь учебные и производственные корпуса, физкультурно-оздоровительные комплексы и др. Таким образом, для применения экспресс метода важно определить преобладающие типы ЦМТ (одну или две позиции, максимум три), в противном случае, рассматриваемый ТРР можно причислить к городской территории – конгломерату, и, следовательно, расчет транспортного спроса с достаточно высокой точностью будет возможен только с использованием полноразмерных эмпирических моделей [3], учитывающих достаточно большое число ЦМТ, влияющих на объем поездок. Средневзвешенное значение этажности ТРР можно записать в виде:

$$L = \sum_{i=1}^{n=3} (l_i \cdot d_i) = (l_1 \cdot d_1) + (l_2 \cdot d_2) + (l_3 \cdot d_3), \quad (1)$$

где, l_i – этажность i -го типа ЦМТ, d_i – доля i -й ЦМТ в площади, занятой под застройкой. Важно отметить, что доли ЦМТ определяются субъективно и, поэтому, их количество должно быть минимальным.

Второй этап неразрывно связан с установлением зависимости между площадью ТРР и площадью застройки. В градостроительстве такая связь получила название «коэффициент использования территории» (КИТ) – это один из основных показателей, широко используемых в градостроительной практике (в генеральных планах, правилах землепользования и застройки, проектах застройки земельных участков и пр.), характеризующий интенсивность использования территорий. Фактически, это отношение площади, находящейся под застройкой (суммарная проекция всех зданий и сооружений) к площади ТРР. Чисто физически КИТ не может быть больше единицы, и, следовательно, его легко интерпретировать:

$$K_{ИТ} = \frac{F_3}{F_{ТРР}}, \quad (2)$$

где, F_3 – площадь занятая под застройкой, м^2 ; $F_{ТРР}$ – площадь территории в границах ТРР, Га. КИТ является весьма распространенным показателем и широко изучен для основных территорий городского пространства, его значение лежит в диапазоне от 0,2 до 0,8 в зависимости от типа территории. Например, для жилых территорий с высокой этажностью застройки, с учетом дворов, спортивных площадок, газонов и т.п. данный коэффициент равен 0,4, причем этажность тоже будет влиять на придомовую площадь, равно как и на КИТ.

На третьем этапе необходимо воспользоваться табличными данными о удельной генерации корреспонденций к данному типу ЦМТ. Для жилых районов значение данного показателя лежит в диапазоне от 0,03 до 0,06 чел./ м^2 , для лучшего восприятия, удельную генерацию корреспонденций лучше представлять в виде числа корреспонденций, приходящуюся на каждые 100 м^2 ЦМТ. Таким образом, генерирующая способность жилых территорий будет лежать в диапазоне от 3 до 6 чел./ м^2 . Более точные данные по удельной генерации корреспонденций в соответствии с типом ЦМТ опубликованы в других работах автора.

Площадь ТРР, как правило, известна из технического задания на транспортное проектирование, или же может быть получена на основе геоинформационных систем (2GIS, GoogleEarth и др.). Несмотря на отсутствие достаточно тесной корреляции между площадью и удаленностью от центра города, такая взаимосвязь все же существует и, следовательно, можно пользоваться весьма приближенными значениями: при удалении на каждые 1000 м от центра города площадь ТРР может увеличиваться в среднем на 18-20 Га. при следующих ограничениях: площадь ТРР от 12 до 524 Га; удаленность ТРР от центра города от 100 до 15000 м. Таким образом, приблизительное значение объема генерирующей способности ТРР может быть определено по выражению:

$$E = 100 \cdot L \cdot K_{ИТ} \cdot F_{ТРР} \cdot G, \quad (3)$$

где, 100 коэффициент размерности; L – средневзвешенная этажность ТРР; $K_{ИТ}$ – коэффициент использования территории; G – средневзвешенная удельная генерация корреспонденций [1, 7, 4] (выбирается на основании исследований или справочных данных, приведенных в других публикациях автора), чел./100 м^2 .

Следует отметить, что точность расчетов, в основном зависит от КИТа, который, в свою очередь, в зависимости от удаленности от центра города может иметь весьма существенный вариационный размах (от 0,08 до 0,55). Связано это, прежде всего, с укладом использования городских земель в результате, которого интенсивность использования земли в центре города выше в виду ее большей престижности и стоимости.

Для выявления зависимости между значением КИТа и месторасположением ТРР (удаленностью от центра города необходимо применить регрессионный анализ (табл. 1).

Итак, для практических расчетов можно использовать следующее выражение:

$$K_{ИТ} = 0,3664 - 0,02625 \cdot l_c, \quad (4)$$

где, l_c – удаленность от центра города, км.

Следует отметить, что полученная эмперическая зависимость предполагает наибольшее значение $K_{ИТ}$ – 0,36, что примерно соответствует данным литературы [Ошибка! Источник ссылки не найден.] $K_{ИТ}$ – 0,4.

Однако, наименьшее значение, которое можно получить, используя данное уравнение составит 0,077, при удаленности ТРР от центра города на 11 км.

Таблица 1 – Оценка КИТа

Регрессионная статистика					
Коэффициент корреляции R			0,826771291		
R-квадрат			0,683550768		
Нормированный R-квадрат			0,65920852		
Стандартная ошибка			0,057957845		
Наблюдения			15		
Дисперсионный анализ					
	Число степеней свободы	Дисперсия	Критерий Фишера F		
			$F_{расч}$	$F_{95\%;1;14}$	
Регрессия	1	0,094327	28,08	4,6	
Остаток	13	0,043668			
Итого	14	0,137995			
t – статистика					
	Коэффициенты регрессии	t – статистика		95%-й доверительный предел	
		$t_{расчет}$	$t_{95\%;13}$	нижний	верхний
Y ($K_{ит}$)	0,366452294	11,881823	2,16	0,299823	0,433081
X ₁ (км)	-0,026252	-5,299135		-0,03695	-0,01555
Матрица корреляции					
	Y	X ₁	X ₂	-	
Y	1	-	-	-	
X ₁	0,826771291	1	-	-	
Y = 0,3664-0,02625 X ₁					

Данные таблицы 1 для большей наглядности продемонстрированы на рисунке 1.

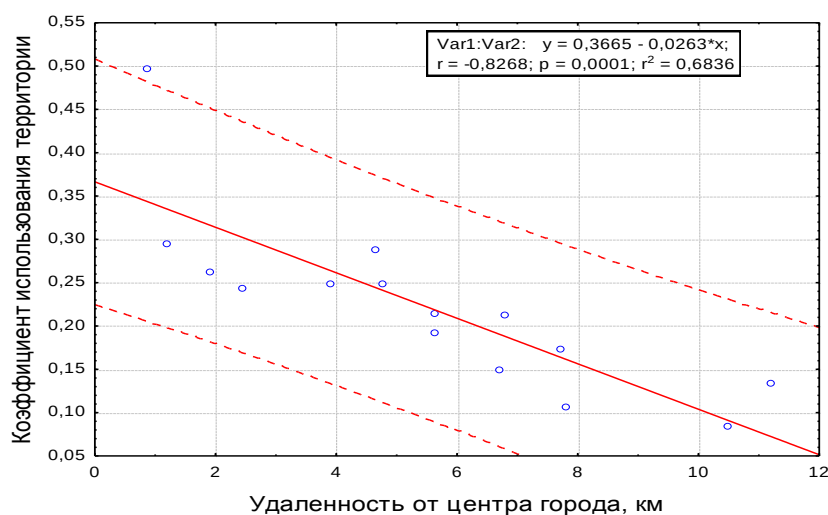


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента используемой территории от удаленности от центра города, км

Список литературы

1. Градостроительство. / Под ред. Белоусова В.Н. Справочник проектировщика Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Стройиздат. 1978. 367 с.
2. Горев А.Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. Э. Горев, Е. М. Олещенко. М.: Издательский центр «Академия». 2006. 256 с.

3. Зедгенизова А.Н. Совершенствование методов оценки спроса на услуги автомобильного транспорта на основе характеристик использования городских территорий: дис. ... к-та тех. наук: 05.22.10. Иркутск. 2013. 189 с.

4. Зедгенизов А.В. Генерация корреспонденций как основная количественная характеристика, определяющая привлекательность территории / центра массового тяготения. Вестник ИрГТУ. 2016. № 4(111). С. 187–192.

5. Лагерева Р.Ю. Лагерева С.Ю. К вопросу соблюдения функционального назначения автомобильных дорог и методы повышения эффективности их функционирования. Вестник ИрГТУ, 2015. №5 (100). С. 113–118.

6. Михалев Ю.А. Основы градостроительства и планировки населенных пунктов. Учебное пособие / Красноярский государственный аграрный университет – Красноярск. 2012. 237 с.

7. Trip Generation Handbook, 2nd Edition: An ITE Recommended Practice. Washington, DC: ITE, 2004.

УДК 656.09

ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Скрипка Александр Владимирович – доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 149, skripka_alex76@mail.ru

Борисова Валерия Анатольевна – курсант 5 курса факультета инженерно-технического

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 149, valery.borisova.01@yandex.ru

Королев Александр Андреевич – курсант 3 курса факультета инженерно-технического

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., дом 149, kusgur18@gmail.com

Аннотация. В статье кратко отражен анализ процесса создания нового материала дорожного покрытия в Российской Федерации. Изучен и проанализирован ряд композиций, подходящих для этой цели. Систематизированы основные технические характеристики асфальтового покрытия и пластмасс, из которых возможно изготовление нового покрытия. Предложена уникальная технология монтажа дорог из пластмасс. Особое внимание уделено экономическому анализу композиций, работ по монтажу, снижению расходов за счет использования вторичного сырья. Актуальность исследования обусловлена ростом дорожной сети, высокой стоимостью строительства дорог и обслуживания.

Ключевые слова: пластмассовые дороги, дорожное покрытие, асфальт, верхнее защитное покрытие, пластичная масса полиэтилентерефталата, стеклопластик, полимеры, рециклинг, вторичное сырье, монтаж.

ROAD COVERING FROM POLYMER PLASTIC MATERIAL IN THE RUSSIAN FEDERATION. ANALYSIS OF CONSTRUCTION PROBLEM

Skripka Aleksandr V. – associate professor of the department of fire, emergency and rescue

equipment and automobile economy

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, skripka_alex76@mail.ru

Borisova Valeriya An. – student of the Faculty of Engineering

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, valery.borisova.01@yandex.ru

Korolev Aleksandr An. – student of the Faculty of Engineering

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

Moskovskiy pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, kusgur18@gmail.com

Abstract. The article briefly depicts the process of creating a new paving material in the Russian Federation. A number of composites suitable for this purpose have been studied and analyzed. The main technical characteristics of the asphalt pavement and plastics, from which it is possible to manufacture a new coating, are systematized. A unique technology for the installation of plastic roads is proposed. Particular attention is paid to the economic analysis of composites, installation work, the amount of costs due to the use of secondary raw materials. The relevance of the study is due to the growth of the road network, the high cost of road construction and maintenance.

Keywords: plastic roads, pavement, asphalt, top protective coating, plastic mass of polyethylene terephthalate, fiberglass, polymers, recycling, secondary raw materials, installation.

Голландские инженеры в 2017 году начали вводить в эксплуатацию конструкции Plastic Road. По сравнению с асфальтовым покрытием, так называемые пластиковые дороги имеют ряд неоспоримых преимуществ: их строительство экологичное и эргономичное, они долговечны и устойчивы к внешним воздействиям.

Основная проблема, с которой сталкиваются конструкторы при строительстве дорог – это стоимость дорожного покрытия, а также его стойкость к износу под воздействием внешних факторов. И заказчику, и изготовителю необходимо, чтобы соотношение «Цена/качество» было наиболее оптимальным. С возникновением новых композитных материалов, компании начали проводить разработки, позволяющие вывести пластмассовые дороги на массовый рынок. Исходя из этого, возникает необходимость изучения вопроса рентабельности и актуальности новой технологии, а также полноценного анализа ее преимуществ и недостатков.

Один из вариантов устройства и монтажа покрытия из полимерных пластмасс представлен на рисунке 1.

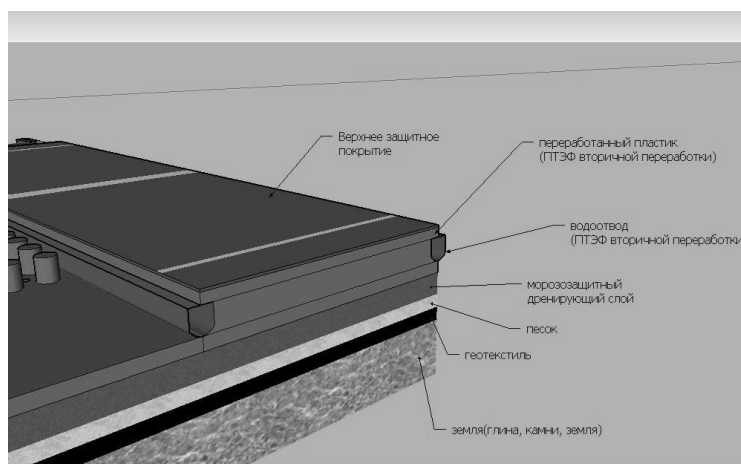


Рисунок 1 – Структура варианта дорожного покрытия из полимерных пластмасс

Сравнительный анализ материалов основного слоя (табл. 1) показывает, что из числа проанализированных материалов по совокупности показателей лидирует поликарбонат.

Таблица 1 – Сравнительный анализ материалов основного слоя

Наименование материала	Средняя стоимость на рынке (на тонну)	Температура эксплуатации	Диапазон температур	Водопоглощение за сутки, % от массы	Модуль упругости при растяжения, МПа	Химическая устойчивость	Общие сведения
Поликарбонат	60 000 руб.	до 175°C	от -100°C до +135°C	0,2 % вызывает деструкцию полимера	100–130	Характеризуется высокой стойкостью к химическим воздействиям	Является прозрачным конструкционным материалом, имеющим аморфную структуру
Полиэтилентерефталат (ПЭТФ)	65 000 руб.	до 140°C	от -40°C до +100°C	0,2	40–60	Материал имеет высокую стойкость к растворителям, автомобильному топливу, смазкам	Используется в производстве пластиковых бутылок, то есть возможно получение его из бытовых отходов
САН-пластик (SAN)	85 000 руб.	до 105°C	от -40°C до +80°C	-	65–85	Стоек к слабым кислотам, растворам щелочей и солей, спиртам, воде	Является прозрачным материалом со светопропусканием до 87 %
Стеклонаполненный Полиамид 66	98 000 руб.	до 200°C	от -60°C до +180°C	0,8-1,5	110–230	Устойчивы к действию керосина, бензина, топлива	Наибольшее распространение получили марки, наполненные 30 % стекловолокна
Полифениленсульфид	120 000 руб.	до 260°C	от -50°C до +230°C	0,02	75	Нерастворим в химических растворителях при температуре ниже 200°C	Успешно заменяет другие пластики, реактопласты и некоторые металлы
Композиция поликарбоната + АБС-пластик	66 000 руб.	до 140°C	от -40°C до +100°C	0,2-0,7	40–70	Композиция обладает стойкостью к спиртам	Добавление стекловолокна (10–30 %) к композиту увеличивает жесткость композиции и ее термическую и тепловую стойкость

Данный вариант состоит из следующих элементов: фундамента для ужесточения дороги и основного слоя из пластичных материалов. Фундамент представляет собой слой цемента, песка, щебня, камня толщиной не более 1 м. В дальнейшем при сравнительном экономическом анализе затраты на фундамент не включены, т.к. фундамент асфальта, предотвращающий его проседание, абсолютно идентичен. Также в конструкции дорог рекомендуется предусматривать защитное покрытие.

На основании проведенного анализа, наиболее разумным методом решения видится использование в конструкции стеклопластика (состав, включающий в себя стекловолокно и пластичный полимер).

Анализ пластмасс, находящихся в использовании в настоящее время, позволяет сравнить ряд подходящих для монтажа веществ по совокупности предъявляемым к ним требованиям. Из общего анализа исключен ряд веществ вследствие их высокой стоимости (например, фторполимеры, полиуретан), низкой термостойкости (полистирол), высокой токсичности (полиформальдегид). Основной слой должен обладать стойкостью к тепловому и термическому воздействию, а также воздействию отрицательных температур, влагостойкостью, стойкостью к износу, устойчивостью к химическим реагентам (бензину, горюче-смазочным материалам и т.п.)

Тем не менее, его сравнительно низкая устойчивость к воде не дает нам шанса применять его при строительстве дорог. По качественным характеристикам выгодно отличается полифениленсульфид, но его недостаток перед другими материалами заключается в наибольшей стоимости среди них. Соответственно, целесообразным можно считать использование полимерного пластичного материала полиэтилентерефталата (ПЭТФ).

Что касается конструирования дорожного покрытия, одним из вариантов монтажа дороги выглядит следующим образом (рис. 2). После выравнивания грунта и подготовки дренажного слоя, укладывается нижняя плита вторичного ПЭТФ с установленными на ней подпорками.

Затем устанавливается система водостоков, которая покрывается верхним слоем стеклопластика, после чего конструкция дороги монтируется на подпорки и осуществляется укладка защитного слоя в зависимости от исполнения пластикового покрытия. Это позволяет решить сразу несколько проблем, в т.ч. и обеспечить устойчивость и безопасность конструкции при больших нагрузках автомобильного потока.



Рисунок 2 – Монтаж дорожного покрытия. Вариант размещения опор

Стоимость конструкции дороги из пластичных материалов складывается из затрат на верхнее защитное покрытие, на основной слой, состоящий из ПЭТФ с добавлением стекловолокна в количестве до 30 % по массе, на установку укрепляющих пластиковых подпорок, а также на опорный слой пластика. Снизить общую стоимость такого покрытия позволят также следующие вариации:

1. ПЭТФ можно получить путем переработки отходов, рециклинг вторичного сырья позволит снизить стоимость сырья.

2. Максимальный предел прочности асфальтобетона – 13 Мпа, ПТЭФ – 40...85 Мпа, вследствие чего объем расходуемого пластика можно уменьшить в 2 раза.

3. Снизить стоимость продукции до 25 % позволит введение наполнителей (каменной муки, мела, извести и т.п.). Добавки также позволят уйти от скольжения, повысят сцепление автомобиля с дорожным покрытием.

Таблица 2 – Сравнение характеристик дорог на основе полимерных пластмасс и классического асфальтового покрытия

Цена за 100 м ²	Износостойкость	Срок эксплуатации	Теплостойкость	Вторичная переработка	Обслуживание	Прочность	Экологичность
Асфальт							
50 000	Выдерживает разные природные явления при указанных температурах	12 лет	от -30 С° до +80 С°	Старый асфальт снимают и по новой на заводе перерабатывают его	В случае повреждения конструкции, асфальт латают	до 30 т	Испарения вредных веществ, проблемы утилизации отходов
Пластмассовая дорога							
78 000	Выдерживает разные природные явления при указанных температурах	30 лет	от -40 С° до +100 С	Старые или поврежденные блоки перерабатываются на заводе	В случае повреждения блока, производится его замена	до 80 т	Нет испарений вредных веществ. Может быть шумным

Внедрение дорог из пластика дорожке устройства асфальтового покрытия, однако это компенсируется большим сроком их эксплуатации, экологичностью и прочностью.

Таким образом, конструирование дорожных покрытий из полимерных пластичных материалов позволяет решить экологическую проблему повышения количества мусорных отходов, привлечь внимание к вопросам их переработки, сокращает время установки дорожного покрытия, ускоряет процесс замены сломанных элементов.

Список литературы

1. ГОСТ 9128-2009. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
2. Беданов А.Ю., Бештоев Б.З., Микитаев М.А., Микитаев А.К., Сазонов В.В. Полиэтилентерефталат: новые направления рециклинга. М. 2009.
3. Бортников В.Г. Основы технологии переработки пластических масс. – Л.: Химия. 1983.
4. Керницкий В.И., Микитаев А.К. Краткие основы производства и переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ). М.: Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2012.
5. Технология полимерных материалов. Синтез. Модификация. Технологическое оформление. Рециклинг. Экологические аспекты / Под ред. В.К. Крыжановского. СПб: Профессия. 2008.
6. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. М.: Техносфера. 2006.
7. Технический справочник URL: <https://www.plastics.ua>.
8. Plastic Roads – A revolution in building roads URL: <https://www.plasticroad.eu>.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

Борисов Александр Николаевич – преподаватель, аспирант кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)

190121, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., д. 3, bor_fond93@mail.ru

Борисова Маргарита Александровна – кафедра систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)

190121, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., д. 3

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения параллельных вычислительных технологий для решения задачи поиска оптимальной последовательности управляющих векторов при прогнозном управлении автономным транспортным динамическим объектом. Приводятся основные понятия систем управления с предсказанием. Производится постановка задачи оптимизации. Обосновывается использование вычислительных систем с общей памятью и параллельных алгоритмов. Представлены результаты численного моделирования в системе с общей памятью.

Ключевые слова: система управления, автономные транспортные средства, динамический объект, модели с предсказанием, оптимизация, параллельные вычисления, системы с общей памятью.

PARALLEL OPTIMIZATION ALGORITHM FOR PREDICTIVE CONTROL OF AN AUTONOMOUS VEHICLE

Borisov Aleksandr N. – postgraduate, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)

190121 D. 3, Locmanskaya St., St. Petersburg, Russian Federation, 190121, bor_fond93@mail.ru

Borisova Margarita Al. – Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)

D. 3, Locmanskaya St., St. Petersburg, Russian Federation, 190121

Abstract. The article discusses the possibilities of using parallel computing technologies to solve the problem of finding the optimal sequence of control vectors in the predictive control of an autonomous transport dynamic object. The basic concepts of predictive control systems are given. The formulation of the optimization problem is given. The use of SMP systems and parallel algorithms is substantiated. The results of computer simulation in a SMP system are presented.

Keywords: control system, autonomous vehicles, dynamic object, prediction models, optimization, parallel computing, SMP.

В настоящее время все большее распространение получают различные алгоритмы оптимального, адаптивного управления, особенно для транспортных динамических объектов, существенно нестационарных и нелинейных. Одним из вариантов такого управления, отличающимся новизной подходов, является адаптивное прогнозирующее управление с моделью, получившее значительное развитие в последнее десятилетие. Основная идея метода – это

предсказание поведения объекта управления на различные типы входных воздействий [1,2,3].

Рассмотрим постановку задачи. Пусть математическая модель объекта управления описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= f(t, \mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)), \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0 \\ \mathbf{y}(t) &= C\mathbf{x}(t)\end{aligned}\tag{1}$$

Векторы $\mathbf{x}(t) \in E^n, \mathbf{u}(t) \in E^m, \mathbf{y}(t) \in E^r$ представляют собой текущее состояние объекта, вектор управления и наблюдение соответственно. Тогда сформулируем прогнозирующую модель следующего вида

$$\begin{aligned}\mathbf{x}[i+1] &= f(\mathbf{x}[i], \mathbf{u}[i]), \quad i = k + j, \quad j = 0, 1, 2, \dots \\ \mathbf{y}[i] &= C\mathbf{x}[i]\end{aligned}\tag{2}$$

Прогнозирующая модель (2) иницируется на начальном такте $j = 0$ текущим состоянием объекта управления, и, в силу близости к нему, может приближенно спрогнозировать его поведение. Тогда конечная последовательность векторов $\mathbf{x}[i]$, $(i = k + 1, K, k + P)$ – определяемая системой (2), называется прогнозом движения реального объекта с горизонтом прогноза P .

Введем в рассмотрение понятие качества управления, вычисляя некоторый функционал [2]:

$$\begin{aligned}J_k &= J_k(\bar{\mathbf{x}}, \bar{\mathbf{u}}) \\ \bar{\mathbf{x}} &= (\mathbf{x}[k+1] \quad \mathbf{x}[k+2] \quad \dots \quad \mathbf{x}[k+P]) \in E^{nP} \\ \bar{\mathbf{u}} &= (\mathbf{u}[k] \quad \mathbf{u}[k+1] \quad \dots \quad \mathbf{u}[k+P-1]) \in E^{mP}\end{aligned}\tag{3}$$

Тогда схема управления примет вид:

- измеряется или оценивается текущее состояние объекта $\mathbf{x}[k]$;
- выбирается последовательность векторов управления, оптимизирующая движение модели (2), относительно функционала (3);
- найденное оптимальное управление реализуется для объекта только на текущем такте;
- для следующих тактов операции повторяются.

Таким образом, принцип прогнозирующего управления может быть сформулирован как способ формирования управляющего воздействия в системе, при котором прогнозируемая выходная переменная приближается к желаемой, последовательно переопределяемой.

В соответствии с представленной схемой, для формирования управляющего воздействия на каждом такте работы алгоритма необходимо решать оптимизационную задачу. С точки зрения возможности практической реализации в режиме реального времени необходимо, чтобы вычисления выполнялись в пределах одного такта. Данное требование является существенным препятствием для внедрения прогнозирующих моделей в практику управления динамическими объектами, имеющими малые постоянные времени [1].

Способами устранения этого недостатка являются сокращение размера задачи оптимизации, а также разработка более быстрых алгоритмов. В задаче повышения производительности перспективным считается использование параллельных вычислительных систем и

технологий [4–7]. Широкий класс таких систем представляют архитектуры с общей памятью. В системах с общей памятью реализован одновременный доступ всех процессоров к данным, что позволяет относительно просто реализовать параллельную обработку, кроме того, отсутствуют потери производительности на межпроцессорный обмен. Однако такие архитектуры плохо масштабируются из-за проблемы когерентности кеш-памяти и эффектов гонок между процессорами.

Для программирования таких систем используется стандарт OpenMP. Распараллеливание можно представить в виде следующей схемы. Последовательный код вызовом специальной директивы разветвляется на несколько потоков. Вспомогательные потоки обрабатывают свою часть данных, в то время как основной ждет их завершения и обеспечивает синхронизацию. При достижении закрывающей директивы все вспомогательные потоки удаляются из системы, продолжается выполнение в последовательном режиме.

При решении задачи оптимизации прогнозирующего управления транспортным динамическим объектом во время компьютерного моделирования использовался параллельный вариант алгоритма условной оптимизации комплексным методом Бокса [8]. Данный алгоритм позволяет осуществить поиск глобального минимума многоэкстремальной функции при наличии явных и неявных ограничений. Комплексный метод Бокса использует при поиске экстремума только значения функции, а не её производные, то есть это метод прямого поиска. Параллельный вариант алгоритма подразумевает одновременное улучшение K худших точек комплекса, где K – число вычислительных узлов.

Моделирование проводилось на системе с общей памятью. Целью эксперимента было сравнение времени выполнения алгоритма на различном количестве одновременно выполняемых потоков с разными коэффициентами умножения комплекса S . Результаты моделирования приведены на рисунке 1.

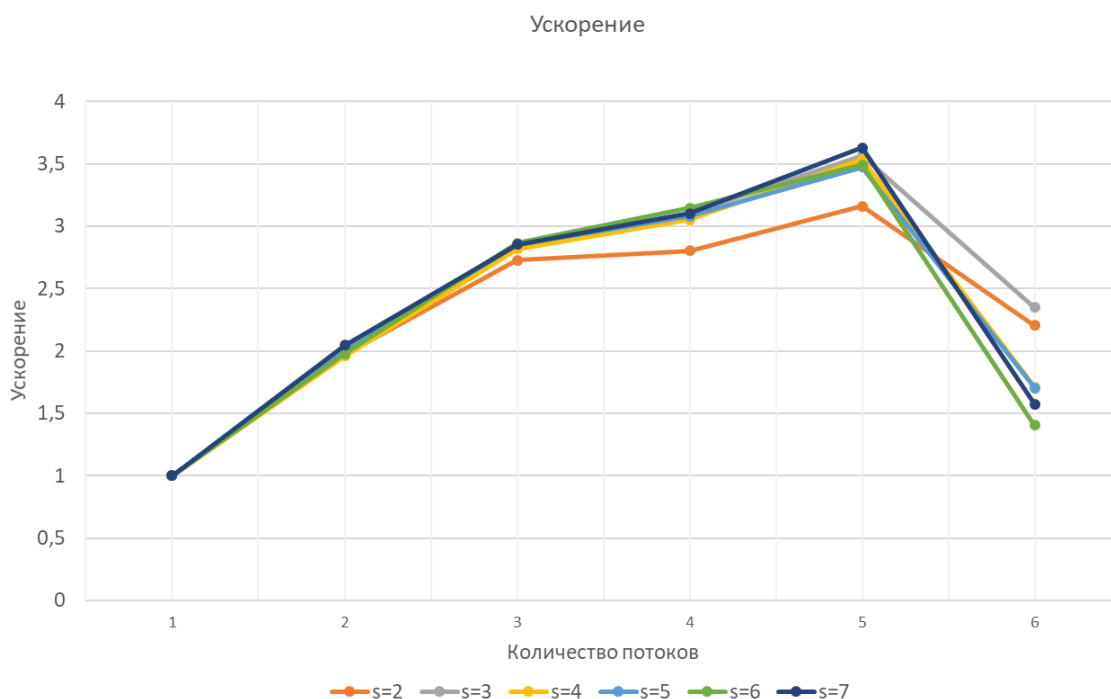


Рисунок 1 – Ускорение алгоритма

При задействовании 5 потоков максимально возможное ускорение достигло 3.62. Однако уже при 6 потоках скорость выполнения начала падать. Это связано с возрастающими задержками при обращении к общим участкам памяти, а также наличием в программе кода, который невозможно распараллелить. Дальнейшее развитие метода предполагает создание такого способа организации вычислений, при котором стало бы возможным эффективное использование алгоритма в системах с распределенной памятью (МРР). Такие системы по-

звolyают объединять в себе тысячи вычислительных узлов и используют другие модели и технологии распараллеливания.

Список литературы

1. Camacho E.F. and Bordons C. Model Predictive Control. – 2nd ed. –London: Springer-Verlag, 2004. – 405 p.
2. Сотникова М.В. Вопросы устойчивости движений в системах управления с прогнозирующими моделями // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Т. 8. № 1. С. 72–79.
3. Орловский И.А. Использование нейроконтроллера с прогнозированием для управления электромеханическим объектом // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Електротехніка і енергетика. 2013. № 1 (14). С. 200–205.
4. Воеводин В.В. Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления / монография. СПб: БХВ-Петербург. 2002. 608 с.
5. Борисов А.Н. Реализация имитационной модели движения транспортного динамического объекта в параллельной вычислительной системе // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016» 29–30 ноября 2016 г. СПб: ИПТ РАН. 2016. С. 351–353.
6. Борисов А.Н., Борисова М.А. Моделирование управляемого движения подводного аппарата с параллельной бортовой вычислительной средой // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2017». 2017. С. 457–460.
7. Борисов А.Н., Борисова М.А. Моделирование интеллектуальной системы управления в параллельной вычислительной среде // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Технологии построения когнитивных транспортных систем», 30-31 мая 2018 г. СПб. 2018. С. 228–231.
8. Савин А.Н. Параллельный вариант алгоритма условной оптимизации комплексным методом Бокса // Известия Саратовского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2012. Т. 12. Вып. 3. С. 109–117.

УДК 004.896

МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Борисов Александр Николаевич – преподаватель, аспирант кафедры систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)

190121, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., д. 3, bor_fond93@mail.ru

Борисова Маргарита Александровна – кафедра систем автоматического управления и бортовой вычислительной техники

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)

190121, Россия, Санкт-Петербург, Лоцманская ул., д. 3

Аннотация. В статье рассматриваются методы интеллектуального управления транспортными динамическими объектами. Приводятся основные проблемы при проектировании интеллектуальных систем управления, а также основные классы таких систем. Подробно рассмотрен метод прогнозирующего нейроуправления. Приведены результаты моделирования в среде MATLAB.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, система управления, автономные транспортные средства, нейроуправление, модели с предсказанием.

METHODS OF AUTONOMOUS VEHICLE'S INTELLECTUAL CONTROL

Borisov Aleksandr N. – postgraduate, Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)

190121 D. 3, Locmanskaya St., St. Petersburg, Russian Federation, 190121, bor_fond93@mail.ru

Borisova Margarita Al. – Department of Automatic Control Systems and Onboard Computer Facilities

St. Petersburg State Maritime Technical University (SMTU)

D. 3, Locmanskaya St., St. Petersburg, Russian Federation, 190121

***Abstract.** The article discusses the methods of intelligent control of transport dynamic objects. The main problems in the design of intelligent control systems, as well as the main classes of such systems are given. The method of predictive neurocontrol is discussed in more detail. The results of modeling in the MATLAB environment are given.*

***Keywords:** intelligent control, control system, autonomous vehicles, neurocontrol, model predictive control.*

Интеллектуальное управление транспортными динамическими объектами является перспективным направлением, находящемся на стыке таких дисциплин, как автоматическое управление, искусственный интеллект, нейрофизиология [1]. К нему относят много подходов: от реализации традиционных законов управления посредством нейронных сетей до продвинутых систем с возможностями создания цели управления, адаптивного управления, системы с использованием методов обучения, адаптации, генетических алгоритмов, и т.д [2]. В литературе описаны многочисленные примеры практического применения интеллектуальных методов для решения задач управления подводными аппаратами [3, 4], автомобилями [5], квадрокоптерами [6].

Главная проблема управления транспортным динамическим объектом заключается в нелинейностях ОУ (параметрические неопределенности – присоединенные массы, гидро- и аэродинамические коэффициенты, динамика движения и реакции аппарата на возмущающее воздействие среды и управляющих устройств). Это заставляет разработчиков решать многочисленные сложные задачи управления и навигации.

Одним из передовых направлений развития интеллектуального управления является построение систем, использующих нейросетевое управление (нейроуправление). Нейроуправление – это частный случай интеллектуального управления, при котором в качестве инструмента для решения задач управления применяются искусственные нейронные сети (ИНС).

В настоящее время разработаны различные методы нейроуправления, к которым относятся [1]: подражающее, инверсное, прогнозирующее, многомодульное, гибридное и вспомогательное. Достаточно часто для управления динамическими транспортными объектами применяют прогнозирующее нейроуправление.

Метод прогнозирующего нейроуправления

Обобщённое управление с прогнозированием (Generalized Predictive Control (GPC)) относится к классу цифровых методов управления под названием «управление с прогнозированием по модели» [7]. Метод устойчив к ошибкам параметров модели и шумам в датчиках. Однако для нелинейной модели необходимо использовать нелинейный алгоритм оптимизации, при этом вычислительная эффективность и производительность определяется управляющими входами; для нелинейных объектов способность GPC выполнять более

точный прогноз может быть повышена, если НС «использует обучение динамики объекта вместо стандартных нелинейных технологий моделирования».

Выбор алгоритма минимизации влияет на его вычислительную эффективность. Нейронный GPC (NGPC) алгоритм в режиме реального времени осуществлять сложно, из-за необходимости выполнения большого числа расчётов за короткий промежуток времени. По этой причине перспективным направлением исследований считается использование параллельных алгоритмов оптимизации.

Схема нейроуправления с прогнозированием (NGPC) на основе модели состоит из объекта управления, прямого нейроэмулятора объекта и оптимизационного модуля. Прямой нейроэмулятор используется для прогнозирования будущего поведения системы и вычисления ошибок. Иногда в схему на входе добавляется эталонная модель, которая определяет желаемый выход объекта. Алгоритм оптимизации определяет необходимые управляющие входы объекта для обеспечения заданного выхода с использованием критерия качества – стоимостной функции минимизации. Схема прогнозирующего нейроуправления представлена на рисунке 1.

При прогнозирующем нейроуправлении минимизируется критерий качества управления – функционал стоимости интегральной ошибки, прогнозируемой на $L = \max(L_2, L_3)$ тактов вперед:

$$Q(k) = \sum_{i=L_1}^{L_2} e(k+i)^2 + \rho \sum_{i=L_1}^{L_2} (u(k+i) - u(k+i-1))^2 \quad (1)$$

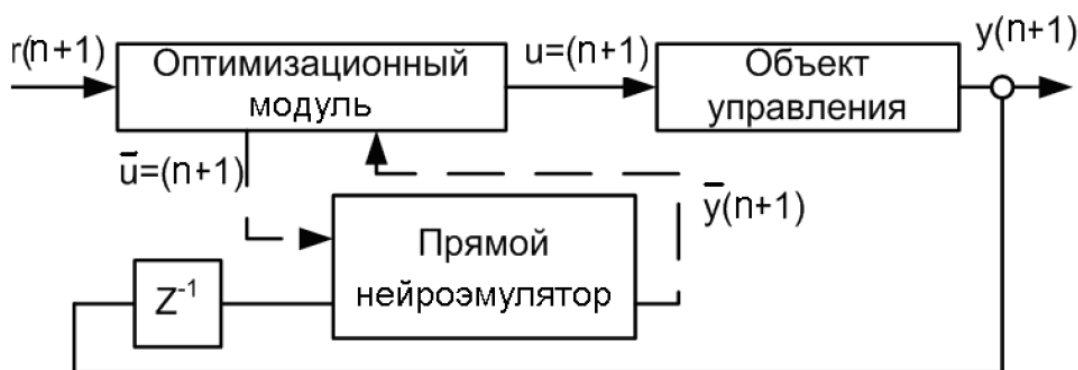


Рисунок 1 – Схема нейроуправления с прогнозированием

Здесь $e(k)$ – ошибка выхода системы, ρ – вклад изменения управляющего сигнала в общий функционал стоимости $Q(k)$. Для прогнозирования будущего поведения системы и вычисления ошибок используется прямой нейроэмулятор, обученный так же, как в методе обратного распространения ошибки.

Оптимизационный модуль получает на такте целевую траекторию на L тактов вперед, а если её нет, то L раз дублирует значение текущей уставки $r(k+1)$ и использует это в качестве целевой траектории. Далее, для выбора оптимального управляющего воздействия, вычисления происходят во внутреннем цикле системы нейроуправления (его итерации обозначаются как j). За время одного такта управления оптимизационный модуль подает на вход нейроэмулятора серию различных воздействий $\hat{u}(k+t, j)$ и получает различные варианты поведения системы, вычисляя для них функцию стоимости $Q(k)$. Таким образом, вычисляется наилучшая стратегия управления объектом на данном такте, на его вход подается первый управляющий сигнал, и стратегия пересчитывается заново.

Моделирование прогнозирующего нейроуправления в системе MATLAB

В системе Matlab в пакете прикладных программ Neural Network Toolbox реализован для применения контроллер с предсказанием (NN Predictive Control (NPC)). Контроллер работает по описанному выше алгоритму. Используется функционал качества (1) для вычисления сигналов управления на заданном интервале времени. Имеется возможность использовать различные функции одномерной оптимизации, а также задавать различные параметры регулятора.

Проводилось моделирование системы уравнений (2), которая описывает динамику движения надводного транспортного средства. Задача объекта управления – выйти на заданный курс. Целью моделирования было сравнение качества переходных процессов обычного ПИД-регулятора и нейроконтроллера с предсказанием. Результаты моделирования приведены на рисунке 2. В левой половине показан график переходного процесса для ПИД-регулятора, в правой половине – с использованием нейроконтроллера.

$$\begin{aligned}\frac{d\beta}{dt} &= a_{11}\beta + a_{12}\omega_y + b_1\delta_u \\ \frac{d\omega_y}{dt} &= a_{21}\beta + a_{22}\omega_y + b_2\delta_u \\ \frac{d\psi}{dt} &= \omega_y\end{aligned}\quad (2)$$

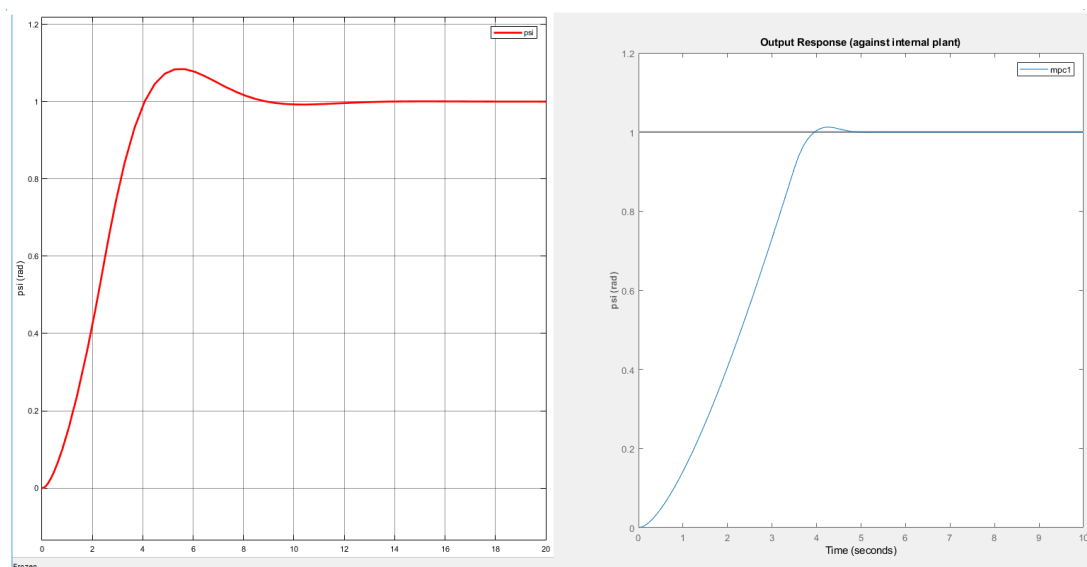


Рисунок 2 – Выход на заданный курс с использованием ПИД-регулятора и прогнозного нейруправления

Как видно из графиков, использование метода прогнозного нейруправления позволило сократить время выхода на заданный курс почти в два раза. Однако в обоих случаях мы сталкиваемся с перерегулированием. Дальнейшее направление исследований может быть связано с выбором подходящей функции оптимизации и использовании приемов параллельного программирования для ускорения процессов вычисления управляющих сигналов.

Список литературы

1. Чернодуб А. Н., Дзюба Д. А. Обзор методов нейруправления // Проблемы программирования. 2011. N 2. С. 79–94.
2. Степанов М.Ф., Степанов А.М., Михайлова Л.С. Автоматизированная среда математического моделирования процессов управления нестационарными нелинейными

объектами интеллектуальными самоорганизующимися системами управления // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 6. С. 8–14.

3. Сиек Ю.Л., Малыгин Г.И. Математическое моделирование движения подводного робота на основе нечеткой логики // Технологии техносферной безопасности. 2012. № 4 (44). С. 14.

4. Сиек Ю.Л., Сакович С.Ю., Яковлева М.В. Управление подводным роботом по видеоданным на основе нейросетевого подхода // Морской вестник. 2013. № 4 (48). С. 73–75.

5. Mashadi B., Emadi S.A.M. Dual-Mode Power-Split Transmission for Hybrid Electric Vehicles // IEEE transactions on vehicular technology, vol. 59, no. 7, september 2010, p. 3223-3232.

6. Karl E. Wenzel, Andreas M., Andreas Z. Visual Tracking and Following of a Quadrocopter by another Quadrocopter // 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 7-12, 2012. Vilamoura, Algarve, Portugal. p. 4993-4998.

7. Орловский И.А. Использование нейроконтроллера с прогнозированием для управления электромеханическим объектом // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Електротехніка і енергетика. 2013. № 1 (14). С. 200–205.

УДК 629.332

АВТОПОЕЗД С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Добрецов Роман Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры “Инжиниринг силовых установок и транспортных средств”, института Энергетики и транспортных систем

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая 29, dr-idpo@yandex.ru*

*Васильев Алексей Игоревич – студент магистратуры кафедры “Инжиниринг силовых установок и транспортных средств”, института Энергетики и транспортных систем
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая 29, leshavas96@gmail.com*

Аннотация. Концепция автопоездов-гибридов во многом удовлетворяет повсеместно распространяемой политике ужесточения норм по эмиссии выхлопных газов и снижения удельных расходов углеводородного топлива, но является только промежуточным звеном в развитии еще более значимой и важной разработки – беспилотного автопоезда. В статье рассмотрены активные прицепы и их модели с разными вариантами конструкции привода от силовой установки тягача. Особое внимание уделено электроприводу колес активного полуприцепа, наиболее перспективному на данный момент. Получены данные, предназначенные для использования при проектировании ходовой части активного прицепа.

Ключевые слова: Автопоезда, активные автопоезда, активные прицепы, поворот, устойчивость, компьютерное моделирование, Универсальный механизм, гибрид, прицеп с приводом на колеса.

ROAD-TRAIN WITH HYBRID PROPULSION UNIT

*Dobretsov Roman Yu. – Ph.D., Institute of Energy and Transport Systems
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
195251, Russian Federation, Polytechnicheskaya st. 29, dr-idpo@yandex.ru*

*Vasiliev Alexey I. – master, Institute of Energy and Transport Systems
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University
195251, Russian Federation, Polytechnicheskaya st. 29, leshavas96@gmail.com*

***Abstract.** The concept of hybrid road-trains mostly meets the widely-spread policy for stepping up the rates of exhaust gas emissions and reducing specific hydrocarbon fuel costs but only an intermediate link in the development of more significant and important design – a driverless road-train. This article considers active trailers and their models with different design options for heavy tractor truck propulsion unit drive. The influence of trailer link drive on turning has been studied in "Universal gear" software. Special attention has been given to an electrical drive of active semi-trailer wheels as the most advanced one at the present moment. We have obtained the data intended to be used in design of active trailer chassis.*

***Keywords:** Road-train, active road-train, active trailer, turning, stability, computer design, Universal Gear, hybrid technology, trailer with wheel drive.*

Использование в транспортных комплексах активного прицепного звена может позволить повысить проходимость колесного автопоезда в тяжелых дорожных условиях и увеличить среднюю скорость транспортировки грузов. Возможно, и в некоторых пределах снизить эмиссию вредных веществ выхлопных газов. Но, с другой стороны, увеличивается масса прицепа, стоимость изготовления, усложняется технологический процесс изготовления, усложняется конструкция прицепа.

На эффективность реализации положительных сторон концепции активного прицепного звена в составе автопоезда будут существенно влиять условия его эксплуатации. Поэтому важно, помимо технического анализа, получить и заключение логистов о целесообразности использования и эффективности применения активных прицепных звеньев в условиях дорожной сети конкретного региона.

В рамках технического анализа были проведены проектировочные расчеты накопителей энергии, силовой установки, проведен анализ устойчивости в повороте.

За прототип транспортного комплекса с активным прицепным звеном был принят лесовоз в составе тягача Урал 43204-1111-41 и двухосного прицепа-ропуса 904712, предназначенный для транспортировки сортиментов и хлыстов длиной до 23 м по всем видам дорог и местности. Максимальная масса снаряженного прицепа 4500 кг, грузоподъемность прицепа-ропуса 7200 кг, масса перевозимого груза 16 000 кг [1]. Потребные силы тяги для движения автопоезда обеспечивает установленный на тягаче двигатель ЯМЗ-236.

Был произведен расчет сил сопротивления с учетом приходящейся на прицепное звено массы, без учета уклона дороги. Данные расчетов сведены в таблицу 1.

Полученные данные были использованы при выборе тягового электродвигателя, параметров накопителей энергии и решении вопросов компоновки агрегатов на прицепе.

Наиболее перспективным вариантом накопителей энергии являются ионисторы. Ионисторы (или конденсаторы с двойным электрическим слоем) обладают большой запасаемой энергией и большой мощностью разряда при достаточно высоком значении КПД.

Для расчета в качестве накопителей энергии были выбраны конденсаторы с двойным электрическим слоем К58-20. Удельная мощность разряда ионисторов К58-20 при согласованной нагрузке составляет 1,0 кВт/кг, 1,5 кВт/дм³ [2].

Таким образом, для обеспечения преодоления сопротивления качению прицепа по грунтовой дороге (наиболее типичные условия для лесозаготовительной промышленности) со скоростью 5 м/с (18 км/ч) необходимо предусмотреть установку блока ионисторных батарей массой приблизительно 43,8 кг при объеме 29,3 дм³ (0,029 м³).

Исходя из правил режима труда и отдыха водителя о продолжительности работы не более девяти часов, приближенно были оценены масса и объем накопителя в 394,2 кг и V=0,260 м³.

Необходимо заметить, что активизация прицепного звена не предназначена для постоянной работы. Включение привода прицепа следует применять в тяжелых условиях дорожных условиях, при движении на подъем. Кроме того, при спуске тяговые электродвигатели (ТЭД) прицепа могут быть использованы для работы под управлением системы стабилизации.

Таблица 1 – Силовые, энергетические и мощностные характеристики сопротивления движению

Дорожные условия	Скорость движения, м/с	Сила сопротивления движению, кН	Удельная энергия, МДж/ч	Удельная мощность, кВт/ч
Систематическое движение: грунтовая дорога ($f_0=0,025$)	5	6,71	120,72	33,53
Тяжелые условия: заболоченный грунтовый волок ($f_0=0,250$)	2	34,01	244,90	68,03
Транспортный режим: асфальт ($f_0=0,010$)	12	6,68	288,74	80,21

На данный момент самым перспективным приводом для активного прицепа является электромеханический – от ТЭД посредством механического редуктора [3].

Потребная мощность двигателя и параметры накопителя энергии определяются для конкретных условий движения. Расчет мощности ТЭД был произведен по формуле из источника [4, стр. 316]. Результаты расчетов сведены в таблицу 2

Таблица 2 – Результаты расчета мощности ТЭД

Максимальная скорость при $\psi=0,3$; м/с	Мощность электродвигателя, N_d , л.с.
0,3	42,5
0,5	70,8
0,7	99,2
1,0	141,7

На рисунке 3 изображены способы размещения накопителей на автопоезде с прицепом-ропуском. Первый вариант размещения является более безопасным. Второй вариант размещения накопителя более привлекателен с точки зрения обеспечения надежности работы активного прицепа, так как потеря связи накопителя с генератором менее опасна, чем связи ТЭД с накопителем.

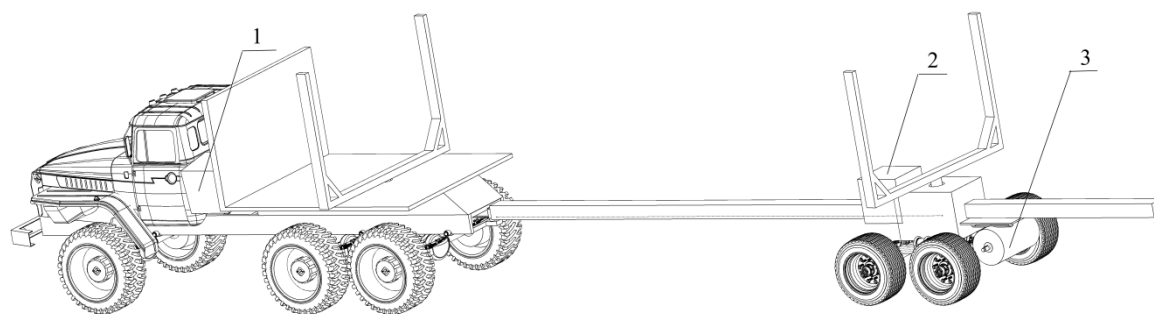


Рисунок 3 – Автопоезд-лесовоз с гибридной силовой установкой:
1,2 – варианты расположения накопителя, 3 – тяговый электродвигатель

В программном комплексе «Универсальный механизм», с помощью специального модуля моделирования автомобилей «Automotive» были проведены виртуальные испытания, сравнены два автопоезда с активным и пассивным прицепным звеном в повороте. На графике (рис. 4) показана зависимость угла бокового скольжения в повороте от времени.

Смысл симуляции в том, что автопоезд на заданной скорости V_0 движется прямо, затем совершается резкий рывок руля, что приводит к раскачиванию прицепа. Из анализа полученных графиков следует, что у автопоезда с активным приводом в повороте значения углов бокового скольжения выше, что негативно должно сказываться на устойчивости такого автопоезда. Также на промежутке 4.7-5 с на графике видно резкое снижение углов бокового скольжения до нуля с последующим увеличением (рис. 4).

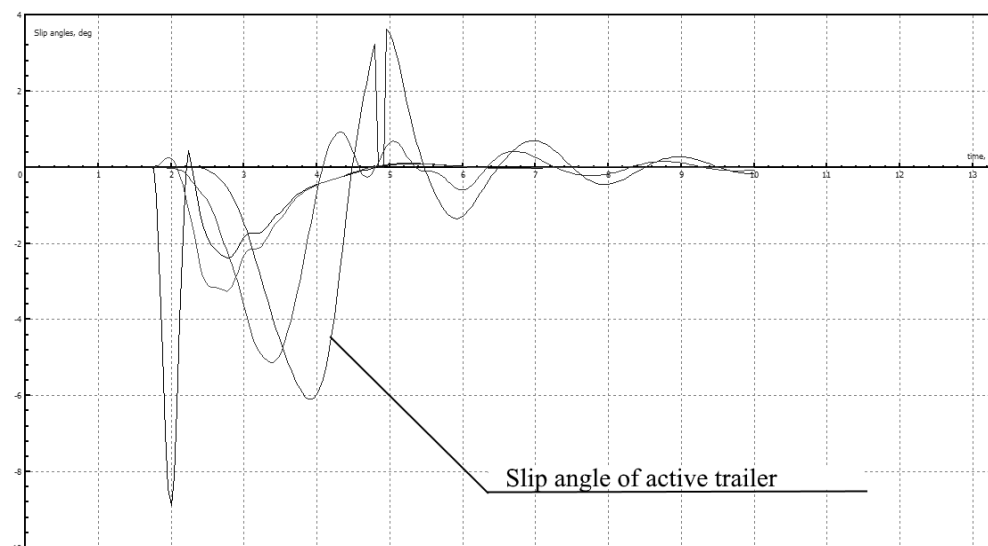


Рисунок 4 – Зависимость угла бокового скольжения от времени: поворот автопоезда с активным прицепом

Разрыв на графике связан с отрывом колес активного прицепа от поверхности. Вероятно, отрыв колес происходит из-за подачи мощности на колеса. На той же скорости в данном промежутке времени у автопоезда с пассивным прицепом потери поперечной устойчивости не происходит.

Полученные зависимости углов крена и углов рысканья от времени у автопоездов с активным и пассивным прицепным звеном близки по форме и незначительно различаются по значениям амплитуд.

Выводы. Основываясь на полученных расчетных данных о силах сопротивления движению автопоезда, проведен выбор параметров накопителя энергии, определяющих, в том числе, особенности его компоновки на транспортном средстве.

Желательно предусмотреть двухрежимный понижающий редуктор с автоматическим управлением для снижения размеров ТЭД. Масса ТЭД мощностью 100 кВт около 500 кг. Таким образом, при расположении накопителя и ТЭД на прицепе поддрессоренная масса последнего возрастет приблизительно на 900 кг (в пределах 10-12% для рассматриваемого примера). Полученные данные предназначены для использования при проектировании ходовой системы прицепа.

Для повышения устойчивости активного прицепа в повороте следует использовать систему стабилизации.

Данные, полученные в результате расчетов, указывают на важность проведения программного и цифрового моделирования, которое станет основой для практических экспериментов и создания полной картины процесса движения автопоезда с активным прицепом.

Список литературы

1. http://www.sibpromtrans.ru/les/les_samopogruz.php (дата обращения 14.06.2018)

2. http://www.elecond.ru/kondensatory_ionistory.php (дата обращения 24.06.2018).

3. Васильев А.И. и др. Автопоезд-гибрид и особенности его проектирования // Неделя науки СПбГУ: материалы научной конференции с международным участием. Лучшие доклады. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 16–21

4. Закин Я.Х. Конструкция и расчет автомобильных поездов / Закин Я.Х. и [др.] / монография. Издательство «Машиностроение». 1968. 332 с.

УДК 004.81; 004.89

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Агеев Олег Николаевич – 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., дом 13, assasin93409@gmail.com

***Аннотация.** Рассмотрена новая концепция построения умного трубопроводного транспорта позволяющая расширить возможности текущих трубопроводных сетей с помощью IoT для высокоуровневого интеллекта, где различные датчики, сенсоры могут действовать по заранее определенному алгоритму, и своевременно передавать актуальную информацию о состоянии трубопровода, составных сетевых устройств, каких-либо соединительных линий что позволит оперативно принимать решения.*

***Ключевые слова:** Интернет вещей (IoT), умный трубопровод, NB-IoT, архитектура решения умный трубопровод, нефть, газ, умный газопровод, умный нефтепровод.*

FEATURES OF THE INTELLECTUALIZATION OF PIPELINE TRANSPORT

*Ageev Oleg O. – Junior Researcher of Laboratory of the organization of transport systems
Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences*

12-th Line VO, 13, St.Petersburg, 199178, Russian Federation, assasin93409@gmail.com

***Abstract.** A new concept of building smart pipeline transport has been considered. It allows extending the capabilities of current pipeline networks using IoT for high-level intelligence, where various sensors, sensors can operate according to a predetermined algorithm, and timely transmit up-to-date information on the state of the pipeline, component network devices, any connecting lines that will allow you to quickly make decisions.*

***Keywords:** Internet of Things (IoT), smart pipeline, NB-IoT, architecture solutions smart pipeline, oil, gas, smart gas pipeline, smart oil pipeline.*

Трубопроводный транспорт, относительно молодой (начал масштабнo развиваться в 1960-е года XX века), но быстро развивающийся, служит для транспортировки жидких, газообразных и твердых видов продукции. В наибольших объемах по трубопроводам перемещаются природный газ, нефть и нефтепродукты, а также само собой вода. Газо- и нефтепроводы (их суммарная протяженность в мире составляет более 1,9 млн. км) наибольшее распространение получили в нефте- и газодобывающих странах Северной Америки (США, Канада), СНГ (Россия), Ближнего и Среднего Востока, а также в странах Западной и Восточной Европы, бедных ресурсами нефти и газа, но потребляющих в большом количестве эти виды топлива.

Особенности трубопроводного транспорта:

1. Низкая себестоимость.
2. Стабильность и надежность перевозок.
3. Меньшее загрязнение окружающей среды.
4. По трубопроводу можно перемещать уголь и железную руду, перемолотые в порошковое состояние и смешанные с водой.
5. Возможность проложить трубопровод на любой территории но самому короткому расстоянию.
6. Обеспечение непрерывного движения груза.

Решение для умных газо- и нефтепроводов, а также умных трубопроводов.

Умный газо-нефтепровод/трубопровод – это решение полностью соответствующее характеристикам газовой и нефтяной промышленности а также предприятиям отвечающим за водоснабжение. Оно фокусируется на интеллектуальном измерении и построении сети интеллектуальных газо-, нефтепроводов, а также умных трубопроводов при интеграции новейших технологий IoT, с традиционными. Система также будет предназначена для большого хранения и анализа данных, облачных вычислений.

Умный газо – нефтепровод/трубопровод включает в себя традиционный газо – нефтепровод с подсоединенными к нему датчиками/сенсорами, а также исполнительные устройства и устройства IoT, которые соединены с контроллером, платформой IoT по беспроводной сети.

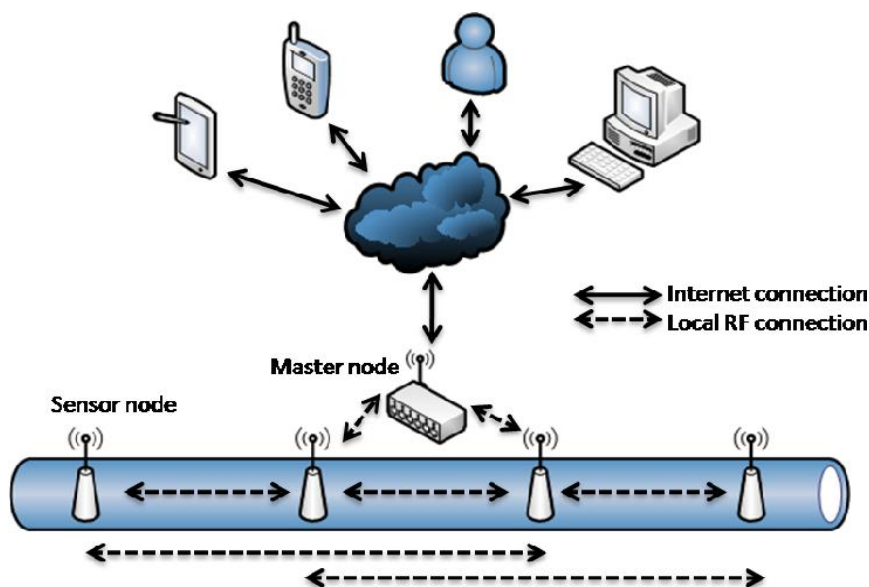


Рисунок 3 – Пример передачи данных на управляющие устройства при помощи исполнительного устройства IoT

NB-IoT – это новая технология беспроводной связи на дальнее расстояния, основанная на сотовой сети пятого поколения. NB-IoT обеспечивает безопасность, широкий охват, низкое энергопотребление, массовой связностью и низкой стоимостью.

Безопасность включает в себя:

1. Двустороннюю аутентификацию
2. Строгое шифрование по радиointерфейсу
3. Выделенный спектр

Широкий охват:

1. Увеличение спектральной плотности узкополосной мощности
2. Повторная передача по радиointерфейсу
3. Кодирование

Стратифицированное представление решения NB-IoT для умных трубопроводов представлено на рисунке 1.

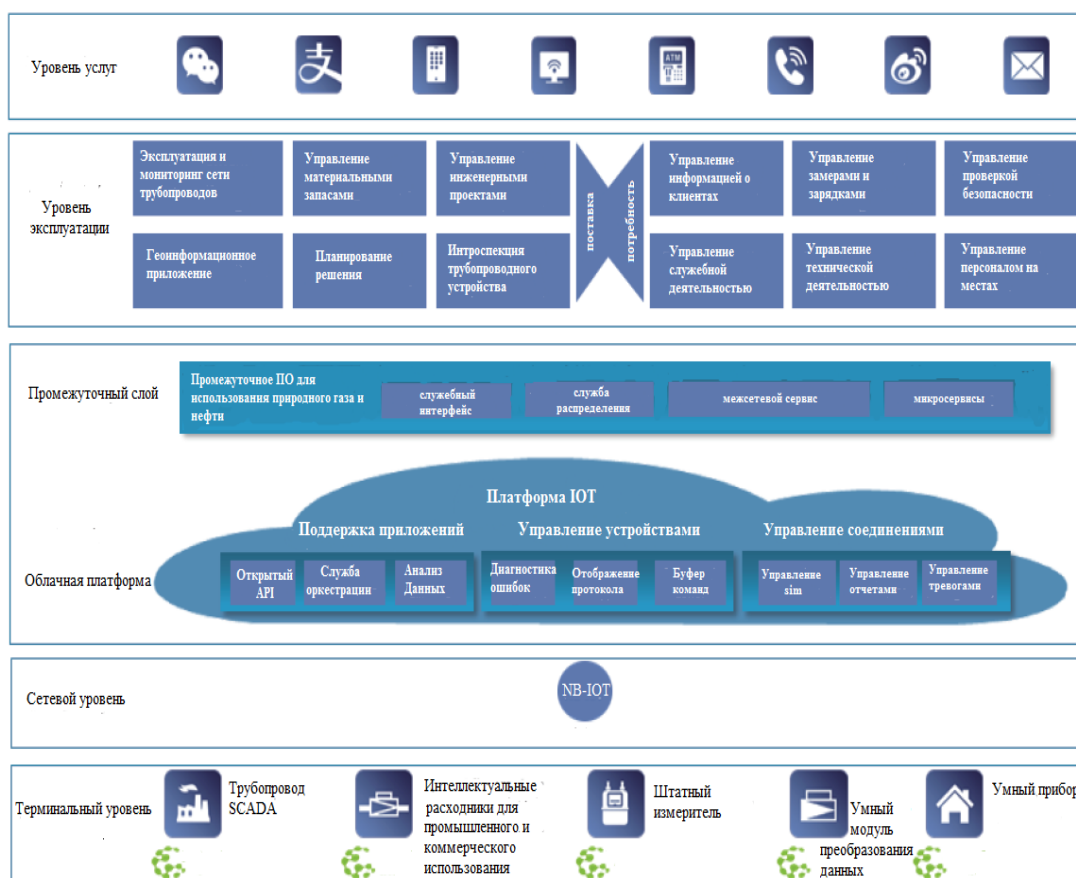


Рисунок 4 – Стратифицированное представление решения NB-IoT для умных трубопроводов

Терминальный уровень

Терминалы являются основным носителем IoT. По мере развития IoT интеллектуальные терминалы постепенно заменяют старые. Различные датчики и модули связи интегрированы в терминалы, так что можно управлять ими, а также они могут общаться друг с другом. Смарт-терминалы включают умные счетчики IoT, интеллектуальные расходники для промышленных и коммерческих целей, интеллектуальные сети трубопроводов, интеллектуальные модули преобразования данных (DTU) и ряд интеллектуальных домашних терминалов. Умные терминалы со встроенным модулем NB-IoT могут загружать данные на платформу IoT через базовые станции NB-IoT.

Сетевой уровень

Сеть является основой для связи с IoT. Технологии доступа к сети и режимы подключения варьируются в зависимости от сценариев приложения IoT и используемых устройств. Для выбора доступны три метода развертывания: в полосе, защищенной полосе и самостоятельно. Требуется обновление существующих сетей GSM, UMTS и LTE перед тем, как NB-IoT может быть развернуты повсеместно. По сравнению с другими технологиями LPWA, NB-IoT дешевле с точки зрения затрат на строительство сети и могут быть быстро развернуты в широких пределах. Эти сети позволяют заказчикам выполнять своевременный запрос и управление операционным и коммуникационным статусом терминала. Кроме того, у клиентов разные требования во время производства терминала, проверки, хранения и использования.

Облачная платформа и промежуточный слой

IT компании могут предоставлять платформу IoT с основными функциями, такими как управление соединениями и устройствами, анализ данных и открытые API. Платформа IoT обеспечивает восприятие соединения, диагностику отказа подключения, контроль соединения, и другие функции запроса состояния соединения и управления. Унифицированный

протокол и интерфейс обеспечивают доступ к различным терминалам. Промышленные приложения верхнего уровня реализуют объектно-ориентированное управление без учета физических соединений и передачи данных терминалов. Предоставляются гибкие и эффективные функции управления данными, включая сбор данных, классификацию, структурированное хранилище, вызов данных, анализ использования и персонализированные отчеты служб, используемые для анализа. Предоставление услуг является модульным, а логика обслуживания может быть гибко организована для быстрого развития отраслевых приложений. Платформа IoT обеспечивает функцию управления подключаемым модулем для подключения к устройствам. Таким образом, биллинг, обслуживание клиентов и связанные с обслуживанием операции беспрепятственно связаны с удаленным сбором данных, что облегчает работу с природным газом значительной работы в многоуровневой и многосистемной интеграции. Кроме того, платформа IoT координирует работу с беспроводной сетью NB-IoT для обеспечения доставки команд в режиме реального времени, управления доставкой в автономном режиме, периодической и безопасной передачи данных и удаленного обновления устройств партиями. Система потребляет только половину мощности, потребляемой при использовании традиционных решений и расширяет жизненный цикл устройств. Промежуточное программное обеспечение использует API прикладного уровня. Различные умные устройства нужны для гражданского, промышленного, коммерческого и централизованного управления и удаленно контроля, что отвечает современным тенденциям.

Уровень эксплуатации

Приложения IoT необходимы для управления услугами IoT верхнего уровня. С помощью платформы IoT предприятия связанные с природным газом и нефтепромышленностью могут концентрировать свои силы на разработке приложений связанных со своей отраслью. Система умного трубопровода извлекает данные с терминального уровня через платформу IoT. Основываясь на собранных данных, крупные предприятия, занимающиеся добычей нефти и газа или строительством трубопроводов могут осуществлять управление клиентом и счетчиками, обрабатывать биллинг, обслуживать клиентов и совершенствовать управление строительством трубопровода, а также эксплуатацией и техническим обслуживанием.

Уровень услуг

В эпоху IoT жизнь людей становится умнее, удобнее и эффективнее. Комбинация IoT и умного газа и нефти изменяет опыт людей с природным газом и нефтью. С помощью платформы IoT пользователи могут отслеживать использование природных ресурсов, просматривать свои счета или проверять данные безопасности через обычные каналы, такие как WeChat, онлайн-центры обслуживания клиентов и терминалы самообслуживания. Они также могут использовать эти каналы для взаимодействия в реальном времени с предприятиями обрабатывая такие задачи, как быстрая оплата или счет аккаунта.

Выводы

1. Повышение безопасности в городах.

Решение, основанное на NB-IoT, обеспечивает передачу данных по воздуху и сбор данных из городских газопроводов. Он обеспечивает онлайн-мониторинг данных в режиме реального времени, таких как давление, расход и температура; и предоставляет необходимые ссылки для производства, составления расписания и управления.

2. Включение услуг умного газоснабжения.

Умный трубопровод объединяет облачные вычисления, большие данные и мобильный Интернет для предоставления услуг умного газа в Интернете. Дистанционное считывание показаний счетчиков позволяет естественному газоснабжению эффективно предоставлять точные, многомерные данные для жителей. Резиденты могут просматривать платежные данные и совершать платежи по воздуху в любое время и из любого места.

3. Помощь в утилизации природного газа. Снижение затрат и повышение эффективности.

Данное Решение позволяет коммунальным предприятиям природного газа получать дополнительную информацию о рабочем состоянии всех участков. Кроме того, совместимость и унифицированные стандарты упрощают обслуживание и управление. Чтение участ-

ков дистанционно, а не вручную более эффективно, поэтому это увеличивает производительность труда. Управление клиентами, администрирование на местах, инженерное управление и анализ планирования улучшаются. Это решение помогает коммунальным предприятиям в области природного газа сократить расходы и повысить эффективность, увеличить денежный поток и улучшить взаимодействие пользователей.

4. Балансировка регионального предложения и спроса на энергию.

Умный трубопровод, основанный на технологии NB-IoT, обеспечивает функциональную совместимость и точный анализ больших данных. Получая данные об использовании энергии из разных регионов и используя интеллектуальное планирование, решение может улучшить распределение энергии, централизовать энергоснабжение и увеличить чистоту использования энергии с низким уровнем выбросов углерода. Это повышает эффективность, улучшает координацию и способствует устойчивому развитию.

Список литературы

1. NB-IoT Smart Gas Solution White Paper September 2017 <https://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/News/NB-IoT-Smart-Gas-Solution-EN.pdf?la=en>
2. NB-IoT – Enabling New Business Opportunities 2015 https://www.huawei.com/minisite/iot/img/nb_iot_whitepaper_en.pdf
3. NB-IoT Commercial Premier Use Case Library 2017 https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2017/12/NB-IoT-Commercial-Premier-Use-case-Library-1.0_Layout_171110.pdf

УДК 614.846.6

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

*Аникеева Екатерина Сергеевна – курсант факультета инженерно-технического
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, katinterritory@mail.ru

*Иванова Елена Сергеевна – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры
пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства*

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149, elena2475@mail.ru

Аннотация. В работе представлены некоторые проблемы эффективности применения мобильных средств пожаротушения. Рассмотрены технические средства для подачи огнетушащих средств. Раскрыта проблема применения вертолетов для тушения высотных зданий.

Ключевые слова: современные средства пожаротушения, высотные здания, авиационная техника, автомобили специального назначения, горизонтальное пожаротушение, водопенная пушка.

PROBLEMS OF VEHICLE APPLICATION FOR FIRE EXTINGUISHING IN HIGH-RISE BUILDINGS

Anikeeva Ekaterina S. – Cadet of the faculty of engineering

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

Moskovsky pr., 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation, katinterritory@mail.ru

*Ivanova Elena S. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of fire rescue
equipment and automotive industry*

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

***Abstract.** The paper presents some problems of efficiency of mobile fire extinguishing means. Considered technical means for supplying fire extinguishing agents. The problem of using helicopters to extinguish high-rise buildings is revealed.*

***Keywords:** modern means of fire extinguishing, high-rise buildings, aviation equipment, special purpose vehicles, horizontal fire extinguishing, water foam gun.*

Многогранный глобальный социально-экономический процесс в нашей жизни приводит к острой необходимости расширения городов в мире, для этого необходимо рациональное использование земли. С тех пор, как в 1885 году в Чикаго был построен первый небоскреб высотой 42 метра, мир безостановочно шагает в небо. С каждым годом в мире все больше и больше набирает обороты строительство высотных зданий. С одной стороны это обуславливается сугубо прагматичными целями – как можно эффективнее использовать землю. С другой стороны, возведение небоскрёбов стало своего рода соревнованием между странами – кто быстрее выше сильнее!

На мировой арене высотного строительства у России далеко не центральная роль, тем не менее, уже в сталинские времена были построены первые семь высотных зданий на континенте, самое высокое из которых вместе со шпилем достигает 240 метров – МГУ им. В.М. Ломоносова. Со временем стали появляться все новые высотные здания – Останкинская телебашня высотой 535 метров, 30-этажные гостиницы «Измайлово» и «Молодежная», 28-этажный «Космос» и другие.

По данным статистики в настоящее время в Москве имеется около 200 высоток, в регионах – около сотни. Самый престижный проект столицы – Московский международный деловой центр «Москва-Сити» с 19 небоскребами. Второе место в отечественном рейтинге высоток занимает Екатеринбург. Городу с численностью населения почти 1,5 млн. чел. тесно на своей территории. Здесь насчитывается около трех десятков жилых домов высотой более 25 этажей. Главная доминанта города – бизнес-центр «Высоцкий» (183 м, 54 этажа). На третье место вышел Новосибирск. В целом он ниже Екатеринбурга, но по количеству высотных зданий к нему приближается. Символом города в последние годы стал бизнес-центр «Кобра» (88 м, 25 этажей). Лахта-центр (467,5 м) – небоскрёб и многофункциональное здание в Санкт-Петербурге городе на берегу Финского залива, в 9 км от исторического центра – ультрасовременный комплекс площадью 400 тысяч квадратных метров.

В силу своей специфики небоскрёбы имеют значительную степень потенциальной пожарной опасности по сравнению со зданиями высотой до 50 м. Исследования пожаров в высотных зданиях разных городов мира показывают чрезвычайную опасность огня для жизни людей и пожарных во время ликвидации пожаров. В связи с этим вопрос обеспечения пожарной безопасности, а именно эффективности сил и средств во время тушения пожара небоскрёбов становится особенно актуальным.

Согласно 123-ФЗ [1], к мобильным средствам пожаротушения относятся транспортные или транспортируемые пожарные автомобили, предназначенные для использования личным составом подразделений пожарной охраны при тушении пожаров.

Мобильные средства пожаротушения подразделяются на следующие типы:

- пожарные автомобили (основные и специальные);
- пожарные самолеты, вертолеты;
- пожарные поезда;
- пожарные суда;
- пожарные мотопомпы;
- приспособленные технические средства (тягачи, прицепы и трактора).

На сегодняшний день, разнообразие сил и средств для тушения высотных зданий очень скудное: применяется авиационная техника преимущественно производства «Камов» (вертолёты Ка-32А11ВС, Ми-8 и др.), пожарные мотопомпы, а так же высотная техника автолестницы (АЛ), автоколенчатые подъемники (АКП).

Вертолет Ка-32А11ВС многоцелевого назначения создан на базе транспортного вертолета Ка-32Т и предназначен для перевозки людей и грузов в транспортной кабине и крупногабаритных грузов массой до 5000 кг на внешней подвеске, эвакуации больных и пострадавших, выполнения поисково-спасательных и аварийно-спасательных работ, строительно-монтажных операций, обучения и тренировки летчиков и других целей. Кроме того, вертолет Ка-32А предназначен для тушения пожара на верхних этажах здания и установки защитных пенных полос. Вертолет укомплектован специальным оборудованием для проведения аварийно-спасательных работ.

Ка-32А11ВС превосходит конкурентов по тяговооруженности и практически не уступает по средней продолжительности технического обслуживания. Имея не столь высокие, как у конкурентов, показатели по времени и дальности полета, он превосходит их по маневренности и легкости управления. В силу именно этих причин он наиболее приспособлен для самых различных условий и вариантов пожаротушения и ликвидации катастроф в крупных городах. По совокупности всех факторов то, что доступно для Ка-32А11ВС – недоступно никакой другой машине. К тому же это единственный российский вертолет, сертифицированный для полетов в Европе, а также в Канаде, Мексике, Чили, Республике Южная Корея, Японии и Китае.

К достоинствам применения авиации можно отнести оперативность и маневренность, к недостаткам – дорогую стоимость приобретения и обслуживания.

Среди пожарных автомобилей выделяются автомобили специального назначения [2]. АЛ предназначена для подъема пожарных в верхние этажи зданий и сооружений, эвакуации людей и ценностей из верхних этажей горящих зданий и сооружений и служит для тушения пожаров водой или воздушно-механической пеной с помощью лафетного ствола и пеногенераторов, установленных на вершине комплекта колен, для перемещения тяжестей краном при сложенных коленях.

АЛ классифицируются главным образом по длине и типу привода [3].

В настоящее время выпускают АЛ в основном с гидравлической трансмиссией как наиболее простой, надежной и удобной в эксплуатации.

АКП, как и пожарные автолестницы, служат для выполнения работ на пожаре, связанных с пребыванием людей на высоте. Они могут использоваться для подъема грузов и освещения места пожара прожекторами.

На АКП управлять движениями можно из люльки или при помощи выносного дистанционного пульта. В верхней части АКП устанавливаются пожарные стволы или гребенка для подачи одновременно из нескольких генераторов пены средней кратности огнетушащего вещества. АКП имеют по сравнению с АЛ большую маневренность. В настоящее время в эксплуатации находятся отечественные АКП высотой 17 и 32 метров.

К достоинствам применения специальных автомобилей при тушении пожаров в высотных зданиях следует отнести экономичность, к недостаткам – отсутствие маневренности, вследствие больших габаритных размеров, а также невозможность обеспечения достаточного давления при тушении верхних этажей.

Необходимой составляющей частью техники для борьбы с тушениями пожаров высотных зданий является авиация. Применение авиационных средств для борьбы с пожарами и проведению аварийно-спасательных работ привлекательно, в первую очередь, по причине высокой оперативности. Тут просматривается прямая аналогия со скорой медицинской помощью, где существует "Правило золотого часа". Ущерб от воздействия огня с начала возгорания увеличивается с геометрической прогрессией, поэтому использование авиационных средств выгодно, несмотря на их более высокую стоимость. В городских условиях рациональнее использование вертолетов.

Однако действуя традиционным способом, сбрасывая воду на крышу здания, можно причинить ущерба больше, чем нанесёт сам пожар (происходящий в одной из квартир). Поэтому конструктора пытаются создать различные типы горизонтальных водяных и вододисперсных пушек.

Идея установки пушки на вертолет привлекает возможностью тушения точечных ис-

точников огня и экономным расходом тушащего вещества. Очень уж прельщает возможность зависнуть и пустить водяную струю в окно горящей квартиры. Но и не только! Зависнуть рядом с источником открытого огня и тушить его навесной направленной струёй – куда экономичнее, и безопаснее.

Но это – в теории. На практике все куда сложнее. В связи с чисто техническими ограничениями, применять такую водяную пушку предпочтительнее на соосных вертолётках, ввиду необходимости вынесения сопла пушки за срез несущего винта (у соосных вертолётков он меньше). В случае использования подобной системы на вертолёте с хвостовым винтом, либо струя воды будет разбиваться потоком воздуха, либо необходимо будет создавать пушку с необычайно длинным стволом. Вследствие этого, например, желание применить водяную пушку на вертолёте Ми-8 (патент № 2097276), не выдерживает ни какой критики.

После пожара Останкинской телебашни на ОАО «Камов» для тушения пожаров в высотных зданиях разрабатывалось несколько вариантов систем горизонтального пожаротушения. В передней части вертолётки Ка-32А1 устанавливалась массивная пушка с управляемым в вертикальной плоскости соплом, вынесенным за радиус вращения винтов.

В первом случае предполагалось подавать огнетушащую жидкость по пожарному рукаву к вертолётке от пожарного насоса высокого давления. Главный недостаток проекта – отсутствие оперативности (автомобиль со специальной насосной станцией и рукавом необходимо было доставлять к месту пожара по земле).

Во втором проекте сменные пластиковые баки с водой крепились на внешней грузовой подвеске и соединялись шлангами с системой горизонтального пожаротушения. Давление, необходимое для подачи тушащей жидкости, создавалось подрывом специальных пиропатронов внутри баков. Но ввиду быстрого падения давления, так и не удалось достичь равномерности и дальности. Кроме того, перезарядка баков или их перевешивание – создавала дополнительные сложности.

Третий вариант – разработка установки горизонтального пожаротушения «Игла – В». Это вододисперсная система, основанная на газодинамической технологии, при которой осуществляется разгон частиц или капель огнегасящего компонента сжатым воздухом. Распылённая до дисперсного состояния вода, под большим давлением выстреливается короткими импульсами. Объём воды в баках под полом вертолётки составлял 740 л. С внешней стороны фюзеляжа по левому борту крепилась батарея баллонов со сжатым воздухом. Заявляемая разработчиком дальность «выстрела» составляла около 50 м. Недостатки: сложности с перезарядкой и заправкой воды и воздуха, громоздкость и недостаточная эффективность водяной пыли по противодействию отдельным видам пожаров. В силу перечисленных недостатков, все эти проекты так и не были доведены до серийного производства.

У всех перечисленных систем горизонтального пожаротушения, главным недостатком является то, что задача по наведению на цель (в одной из плоскостей, а то и в обеих) осуществляется пилотом. В случае расхода тушащего вещества (снижение массы), порывов ветра, изменения движения огня, ему крайне сложно не только удерживать машину, но ещё и отслеживать процесс тушения. Выход имеется – это установка на вертолётку водо-пенной пушки с дистанционно-управляемым соплом, вынесенным за радиус вращения несущих винтов. Теоретически, реализация такой системы рассматривалась на вертолётке Ка-32, но в силу некоторых (не технических) обстоятельств, практического воплощения не нашла.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что современная тенденция строительства высотных зданий приводит к необходимости разработки новых мобильных систем пожаротушения, насосных агрегатов и огнетушащих веществ, а главное использовать внутренние системы пожаротушения. В связи с огромной загруженностью городов транспортом и строительством высотных зданий становится актуальной перспектива использования мобильных средств пожаротушения (вертолётков) с широким спектром применения технических средств, а также решением различных задач в любое время года и за короткое время.

Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ре-

сурс]: федер. закон от 29.07.2017 № 123-ФЗ – Режим доступа: URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (26.10.2018).

2. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53247-2009 – Режим доступа: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071901> (25.10.2018).

3. Автолестницы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 52284-2004 – Режим доступа: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200038806> (25.10.2018).

4. Преснов А.И. Общее устройство, маркировка и классификация пожарных автолестниц и автоподъемников. СПб: СПб УГПС МЧС России. 2016.

УДК 656.39.28

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭКСПРЕСС РЕЙСОВ В ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЯХ

Малышева Татьяна Витальевна – кандидат экономических наук, доцент
Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, tv_malysheva@mail.ru

Бабушкина Юлия Алексеевна – студентка группы 317-М(3)-51, менеджер по грузоперевозкам

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, yulia852@mail.ru

Сергеева Юлия Александровна – студентка группы 317-М(3)-52, инженер по метрологии

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, yulia.sergeeva95@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается эффективный способ организации транспортного процесса – процедура внедрения системы экспресс рейсов, замена тягачей и/или водителей на пути следования, правильное оформление сопроводительных документов на разгрузке товара, а также оценивается перспектива ускоренной доставки грузов в Российской Федерации.

Ключевые слова: экспресс рейсы, грузоперевозки, пробег тягача, тариф на услуги, экспедиторская расписка, товаро-сопроводительные документы, маршрут, маршрутизация перевозок.

IMPROVING THE TRANSPORT ROUTING SYSTEM

*Malysheva Tatyana V. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Kazan national research technological university
Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russian Federation, tv_malysheva@mail.ru*

*Babushkina Yulia Al. – student groups 317-M(3)-51
Kazan national research technological university
Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russian Federation, Yulia852@mail.ru*

*Sergeeva Yulia Al. – Student groups 317-M(3)-52
Kazan national research technological university
Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russian Federation, Yulia.Sergeeva95@mail.ru*

***Abstract.** This article discusses an effective way to organize the transport process – the procedure for the introduction of Express flights, replacement of tractors and / or drivers on the route, correct completion of shipping documents at the unloading of the goods, as well as the prospect of accelerated delivery of goods in the Russian Federation.*

***Keywords:** express flights, cargo transportation, the mileage of the truck, service tariff, forwarders certificate of receipt, shipping documents, route, transportation routing.*

Ключевой логистической задачей для любой транспортной компании является определение оптимизированных маршрутов поставки грузов, обеспечение быстрой оборачиваемости материальных ценностей и сокращение затрат всего транспортного процесса за счет ускоренной доставки грузов [1–4].

Среди многих показателей, характеризующих транспортную систему, выделяют скорость доставки груза. Данный фактор оказывает прямое влияние на конкурентоспособность автопредприятия.

Одним из способов повышения данного показателя является внедрение системы экспресс рейсов в транспортных компаниях. Экспресс – использование транспортных средств на дальние расстояния с повышенной скоростью, без дополнительных остановок.

Данный способ предполагает замену тягача и/или водителя полуприцепа на пути следования. В результате чего, полуприцеп постоянно будет находиться в движении, что позволит увеличить ежемесячный пробег тягача, практически в два раза сократить время доставки груза и увеличить ставку за перевозку.

В качестве примера разберем доставку груза из Перми в Москву. Как правило, срок доставки груза по данному маршруту составляет двое суток, выгрузка осуществляется на третьи сутки. Данный срок рассчитан исходя из движения одного водителя в рейсе, т. е. 8 часов движения, остановка на отдых и дальнейшего продолжения движения. С использованием системы экспресс рейсов срок доставки можно сократить вдвое. Водитель грузит прицеп, едет до следующего пункта, в нашем случае до Казани, далее осуществляется перецеп тягача и водителя. Следующий водитель сразу же продолжает движение, таким образом, сокращается время, предназначенное на отдых. В результате доставка груза будет осуществлена уже на вторые сутки. По итогу мы получаем увеличение ежемесячного пробега тягача, постоянного движения полуприцепа и сокращение сроков доставки грузов [5, 6].

На полученную перевозку диспетчер помимо путевых листов выдает водителю следующий пакет документов:

- заявка;
- транспортная накладная по два экземпляра на каждую заявку: на перевозку собственным транспортом; на перевозку транспортом экспедиторской компании;
- акт прима-передачи п/прицепа, акт сквозной, на весь маршрут Пермь – Казань и Казань – Москва. Обязательно передается вместе с пакетом документов следующему водителю. Принимается в компании, машина которой разгружала груз. Заполняется водителями при передаче полуприцепа.
- маршрутные листы, сформированные диспетчером или логистом.

Расходы считаются на основании путевого листа, к путевому листу на каждый тягач подкрепляется маршрутный лист. При условии открытого путевого листа на одно транспортное средство, но осуществляющего задания по разным перевозкам, расходы необходимо разделить пропорционально времени и пробегу.

На основании созданных заявок создает маршрутные листы, на одну заявку можно создать множество маршрутных листов.

Маршрут – это предстоящий путь следования транспортных средства между первичным и окончательным пунктами.

Маршрутизация перевозок является высокоэффективным способом организации транспортного процесса, который способствует упорядочить грузопотоки, учитывая объемы,

направления и дальность транспортировки, загруженность трасс, последовательность движения и эффективность доставки.

Главными задачами совершенствования маршрутизации перевозок считаются: надежность движения, минимизирование сроков снабжения, высокоэффективное использование транспортного средства, реализации планов.

Организация движения подвижного состава является исходным моментом и важной частью транспортного процесса. Под организацией движения понимают: выбор трассы маршрута движения, нормирование скорости движения и времени простоя под погрузкой и разгрузкой, составление маршрутов, расписаний и графиков движения, руководство и контроль над работой подвижного состава на линии.

Маршруты движения составляются на основе матрицы оптимального распределения, которая строится на основании поступивших заявок на перевозку грузов, в соответствии с которыми данный вид груза можно перевозить одним и тем же подвижным составом.

Координирование движения ТС служит первичным моментом транспортного процесса. Под координированием движения понимают следующие операции: подбор трассы маршрута, нормирование времени простоя под загрузкой и выгрузкой, формирование маршрутов, порядок движения, управление и контроль над работой ТС.

Правильное формирование маршрутов гарантирует достижение высокого коэффициента использования пробега, тем самым обеспечивает снижение себестоимости перевозок [4, с. 122].

На сегодняшний день в транспортной отрасли появляются новые требования, ставятся новейшие задачи. Маршрутизация требует использование новых достижений в сфере ИТ технологий. Современный подход моделирования маршрутов включает в себя:

- интеллектуализацию алгоритмов решения и широкое применение эвристических методов;
- усложнение задачи посредством перехода от типичной схемы однокритериальной оптимизации к желаемому сегодня методу многокритериальной оптимизации решения;
- использование современных средств связи и компьютерных средств для решения проблем управления на транспорте в режиме настоящего времени.

Для усовершенствования системы грузоперевозок на предприятии и увеличения эффективности использования ТС может быть рекомендовано такое мероприятие, как перецеп тягача во время пути следования.

В качестве критериев выбора хорошей альтернативы можно сделать упор на следующие мероприятия: максимальная загрузка ТС; минимум пробега; снижение издержек на перевозку одной тонны груза; увеличение коэффициента использования пробега.

При системе внедрения экспресс рейсов следует принимать во внимание, что наилучшим вариантом будет наличие у автопредприятия собственного парка, что позволит более четко маневрировать подвижным составом. Данный пункт позволяет избежать факты мошенничества в процессе перевозки. Как правило, клиенты не одобряют перецепы и замены водителя во время пути, однако каждое автопредприятие, долгое время находящееся на рынке, имеет свою службу безопасности. Данная служба целиком проверяет экспедиторские компании, что не позволит заключить договор с мошенниками [7, 8].

Таким образом, не имея свой парк, но имея в наличии базу перевозчиков, в своей деятельности автопредприятие может внедрить систему ускоренной доставки грузов – экспресс рейсы.

Принимая во внимание вышесказанное, можно сделать вывод, что представленный вариант внедрения системы экспресс рейсов позволит заметно поднять коэффициент использования пробега, тем самым снизить издержки на перевозку и позволит получить дополнительную прибыль.

Список литературы

1. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. М.: Вершина. 2014. 174 с.

2. Каплан Т.Л. Пути улучшения использования основных производственных фондов на автомобильном транспорте. М.: Транспорт. 2017. 136 с.
3. Лохов А.Н. Организация управления на автомобильном транспорте. Опыт. Проблемы. Перспективы. М.: Транспорт. 2017. 272 с.
4. Маршрутизация перевозок грузов / Н. Е. Боровой. М.: Транспорт, 2013. 164 с.
5. Неруш Ю.М. Логистика: Учебник для ВУЗов – 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ – ДАНА. 2014. 389 с.
6. Пудич В.С. Терешкин В.С., Ачкасова Е.В. Транспортные операции по курсу РУР. Учебное пособие / РХТУ им.Д.И. Менделеева, Новомосковский институт, Новомосковск, 2013. 123 с.
7. Резер С.М. Оптимизация процессов грузовых перевозок. М.: Наука. 2013. 296 с.
8. Эффективность и возможности маршрутизации перевозок / Н. Е. Боровой // Железнодорожный транспорт. 2015. № 11. С. 19–23.

УДК 656.39.28

ПРИМЕНЕНИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА СТАНЦИИ «МАГНИТОГОРСК - ГРУЗОВОЙ»

Малышева Татьяна Витальевна – кандидат экономических наук, доцент
Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, tv_malysheva@mail.ru

Сергеева Юлия Александровна – студентка группы 317-М(3)-52, инженер по метрологии
Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, yulia.sergeeva95@mail.ru

Бабушкина Юлия Алексеевна – студентка группы 317-М(3)-51, менеджер по грузоперевозкам
Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, yulia852@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается применение сортировочных устройств, а именно механизированной сортировочной горки, для формирования и расформирования поездов при снижении времени на переработку вагонов станции «Магнитогорск - Грузовой» и рационального использования маневровых средств и технических устройств.

Ключевые слова: сортировочные устройства, сортировочная горка, перерабатывающая способность, маневровая работа, электровозы, тепловозы.

APPLICATION OF SORTING DEVICES AT THE STATION «MAGNITOGORSK – GRUZOVOY»

Malysheva Tatyana V. – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Kazan national research technological university
Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russian Federation, tv_malysheva@mail.ru

Sergeeva Yulia Al. – Student groups 317-M(3)-52
Kazan national research technological university
Karl Marx street, 68, Kazan, 420015, Russian Federation, Yulia.Sergeeva95@mail.ru

Babushkina Yulia Al. – student groups 317-M(3)-51

***Abstract.** This article discusses the use of sorting devices, namely, a mechanized sorting hill, for forming and disbanding trains while reducing the time for processing the cars of the Magnitogorsk-Gruzovoy station and making rational use of shunting tools and technical devices.*

***Keywords:** sorting devices, sorting hill, processing capacity, shunting operation, electric locomotives, diesel locomotives.*

Сортировочные устройства – это устройства, которые позволяют выполнять ритмичное расформирование поездов при наименьших временных затратах на переработку вагонов, рационально использовать маневровые средства и технические устройства, а также учитывают сохранность и надежность работников, связанных с маневрами, и безопасность подвижного состава.

Перерабатывающая способность станции, которая выражается в виде количества вагонов, способные быть переработанными станцией за сутки, по большей мере зависит от конструкции сортировочных устройств, их оборудования и применяемого способа маневровой работы [1].

Для формирования и расформирования участковых, сборных и передаточных поездов и подборки местных вагонов по пунктам выгрузки на станциях предназначены сортировочные устройства.

Данные устройства включают в себя: сортировочные парки, вытяжные пути и горки малой мощности, вытяжные пути и стрелочные горловины на уклоне [2].

В качестве основного сортировочного устройства на станциях применяют горки большой и малой мощности. Горки большой мощности устраивают с двумя путями надвига и двумя спускными путями, а горки малой мощности – с одним путем.

Если отсутствуют горки малой мощности маневровая работа в сортировочном парке выполняется на вытяжных путях, которые укладываются в обоих концах этого парка. Один из них, который имеет лучший план и полную длину, основной и используется для расформирования и формирования поездов. На втором создают поезда, комплектуют местные вагоны по группам, выполняют операции, связанные с обслуживанием грузового района, путей отцепочного ремонта. На некоторых станциях расформирование поездов ведут одновременно с обоих вытяжных путей.

Из упомянутых устройств наиболее эффективны горки, так как затрачивается меньше времени на сортировку состава, отпадает необходимость неоднократного разгона состава и поэтому снижается механическая работа [3].

Сортировочная горка станции «Магнитогорск - Грузовой» служит для переработки вагонов, поступающих на станцию в составах разборочных поездов со стороны Карталов, Белорецка, Сибая, передаточных поездов с ОАО «ММК», с подъездных путей, примыкающих непосредственно к станции.

Механизированная сортировочная горка расположена между парками «В» и «С», оборудована устройствами электрической централизации стрелок и сигналов, управление которыми осуществляется с распределительного горочного поста операторами сортировочной горки 1,2,3 пульта.

Механизированная сортировочная горка имеет следующее путевое развитие:

а) два пути надвига на горки:

1-й – от горочного светофора Г1 до маневрового М75;

2-й – от горочного светофора Г2 до маневрового М77;

б) спускную часть горки длиной 333 метра:

На спускной части горки имеется 34 стрелки.

в) 30 сортировочных путей, объединенных в 4 пучка.

Роспуск вагонов с горки производится на 29 путей сортировочного парка «С», который объединен в 4 пучка.

Сортировочная горка имеет следующие технические устройства:

- а) блочную горочную централизацию;
- б) первая тормозная позиция оборудована 4 замедлителями;
- в) вторая тормозная позиция оборудована 8 замедлителями;
- г) третья тормозная позиция оборудована 87 замедлителями;
- д) горочную централизацию, оборудованную 34 электропроводами;
- ж) компрессорную станцию, оборудованную 8 компрессорами;
- з) пневмопочту для пересылки документов горка – СТЦ парка «А»;
- и) устройствами двухсторонней парковкой связи;
- к) устройствами внутрисканционной связи;
- л) устройствами радиосвязи.

В подгорочной горловине находится горочный пост, где расположено рабочее место станционного диспетчера и дежурного по горке, оператора сортировочной горки [4].

Каждый путь подгорочного парка оборудован башмакосбрасывателями (по 2-м позициям).

Башмакосбрасыватели на путях установлены правосторонние и левосторонние, таким образом, чтобы «рабочие» между путями чередовались.

На сортировочной горке находится 280 тормозных башмаков, при этом в запасе дополнительно содержатся 40 тормозных башмаков, находятся в специальных ящиках у помещения регулировщиков скорости.

На сортировочной горке работают 4 локомотива, из них два электровоза и 2 тепловоза.

Электровозы обслуживаются машинистом самостоятельно и используются для надвига составов с путей парка «В» на сортировочную горку и выставки разборочных поездов из парка «А» в парк «В». Тепловозы обслуживаются машинистом самостоятельно [5, 6].

Применение сортировочных устройств напрямую влияет на перерабатывающую способность станции и успешную работу железных дорог.

Список литературы

1. Резер С.М. Оптимизация процессов грузовых перевозок. М.: Наук. 2013. 296 с.
2. Промышленный транспорт. Справочник проектировщика под ред. Гельмана А.С., Чумарова С.Д. М.: Стройиздат. 2014. 306 с.
3. Неруш Ю.М. Логистика: Учебник. М.: ЮНИТИ. 2013. 216 с.
4. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник / М.: Маркетинг. 2016. 228 с.
5. Единый технологический процесс работы железнодорожного пути не общего пользования ОАО «ММК» и станции Магнитогорск-Грузовой, Куйбас ЮУЖД. Инструкция.
6. Долгов А. П., Уваров С. А., Козлов В. К., Логистический менеджмент. Концепция логистики фирмы: Учебное пособие Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУЭФ. 2014. 264 с.

ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ В ЦЕЛЯХ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ФИНАНСОВОЙ ОЧЕТНОСТИ

Ситкарёва Виктория Владимировна – студент магистратуры, Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, АО «РОСПАН ИНТЕРНЕШНЛ»

629303, Россия, г. Новый Уренгой, мкр. Мирный 3/3, linka.sitkareva@mail.ru

Бахарева Лариса Александровна – доцент, кафедра «Экономика транспорта», Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I.

Аннотация. В статье рассматривается необходимость формирования учетной политики в целях МСФО. Учетная политика по МСФО и ее формирование основываются на принципах, предусмотренных международными стандартами. Поскольку часть положений РСБУ имеют неустранимые различия с МСФО, то компаниям по транспортировке грузов и пассажиров, которые приняли решение о переходе на международные стандарты финансовой отчетности, прежде всего следует максимально сблизить методы учета по МСФО и РСБУ.

Ключевые слова: учетная политика, международные стандарты, сближение методов учета по МСФО и РСБУ.

FORMATION OF ACCOUNTING POLICIES FOR THE PURPOSE OF IFRS

Sitkaryova Viktoriya V. – graduate student, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, JSC “ROSPAN INTERNATIONAL”

Mirnyy 3/3, Noviy Urengoy, 629303, linka.sitkareva@mail.ru

Bakhareva Larisa Al. - assistant professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

9, Moskovskiy pr., St. Petersburg, Russia, 190031, larisa_backareva@mail.ru

Abstract. The article discusses the need to form accounting policies for IFRS. Accounting policy under IFRS and its formation are based on the principles stipulated by international standards. Since some of the provisions of the RAS have unrecoverable differences with IFRS, companies that have decided to switch to international financial reporting standards should, first of all, bring the accounting methods according to IFRS and RAS to the maximum.

Keywords: accounting policies, international standards, convergence of accounting methods under IFRS and RAS.

Возможность включиться в процесс интеграции в международную систему экономики становится важнейшим фактором повышения эффективности производства, поэтому Россия уделяет огромное внимание развитию внешнеэкономических связей.

Выход фирмы за пределы российского рынка, установление деловых отношений с иностранными транспортными компаниями, а также организация совместных предприятий влекут за собой необходимость составления финансовой отчетности не только по российским, но и по международным стандартам бухгалтерского учета, понятным представителям Запада [1].

Вопрос оптимизации ведения нескольких видов учета – по российским стандартам, по МСФО и налогового учета – остро стоит перед многими транспортными компаниями.

Авторы ставят своей целью исследовать международные требования к учетной политике организаций.

Учетная политика по МСФО и ее формирование основываются на принципах, предусмотренных международными стандартами. Но они же диктуют необходимость подбора предприятием своих способов ведения бухучета применительно к специфике своей деятельности и тому или иному хозяйственному статусу. Выбирая способы ведения учета, транспортная компания определяет и порядок их применения.

Разработка и внедрение учетной политики по международным стандартам, основываясь на них, подразумевает, тем не менее, свободу выбора и подготовки предприятием своих правил учетной политики [2]. При этом обязательно должны быть учтены не только текущие потребности транспортной компании в создании и реализации эффективной учетной политики, но и возможные в будущем последствия использования ее составляющих.

Учетная политика – это конкретные принципы, основы, общепринятые условия, правила и практические подходы, применяемые организацией при подготовке и представлении

финансовой отчетности [3].

Учетная политика согласно требованиям МСФО – это одна из наиболее актуальных тем, для транспортной компаний, которые начинают применять международные стандарты финансовой отчетности (МСФО) [4]. Для того, чтобы помочь компаниям по транспортировке грузов и пассажиров выбрать и изменять учетную политику Совет по МСФО разработал стандарт МСФО (IAS) 8 «Учетная политика, изменения в бухгалтерских оценках и ошибки» [5].

К основным преимуществам перехода на МСФО можно отнести следующие [6, с. 90]:

- увеличение числа потенциальных иностранных инвесторов, что в свою очередь приведет к улучшению состояния экономики страны в целом;
- повышение конкурентоспособности компании ввиду предоставления внешним пользователям достоверной информации;
- уменьшение процентной ставки во время привлечения дополнительного финансирования;
- улучшение качества ведения управленческого учета владельцами компании, более точная оценка финансового состояния дел.

Главный принцип при выборе учетной политики в соответствии с МСФО заключается в том, учетная политика должна выбираться и применяться таким образом, чтобы соответствовать каждому применяемому Стандарту или Разъяснению.

Необходимо отметить, что МСФО (IAS) 8 акцентирует внимание, что учетная политика определяет глобальный подход к оценке, выбор из возможных методов учета, например, выбор модели учета основных средств по первоначальной стоимости или по переоцененной стоимости или выбор метода учета запасов по ФИФО или средневзвешенной стоимости [5].

На практике, для того, чтобы выбрать учетную политику для транспортной компании с учетом специфики отрасли и особенностей проводимых операций, нужно в первую очередь определить имеется ли для конкретной операции или объекта подходящий международный стандарт (IAS, IFRS) или соответствующее разъяснение (SIC, IFRIC) [6, с. 91].

Если такие документы уже выпущены Советом по МСФО, то компании обязаны применить положения данных документов. Например, при отражении в отчетности основных средств необходимо применять положения МСФО (IAS) 16 «Основные средства».

В ситуации, если не имеется специального Разъяснения или Стандарта, описывающего учет определенной специфичной операции или нестандартного объекта учета (например, учет предметов искусства), то руководство компании должно применить свое профессиональное суждение и разработать свою учетную политику. Однако при этом надо помнить, что учетная политика должна помочь подготавливать для пользователей отчетности надежную и уместную информацию.

Таким образом, если транспортной компании требуется разработать собственную учетную политику, то надо обратить внимание на МСФО, регулирующие учет аналогичных или связанных операций.

Во вторую очередь можно применять положения из «Концептуальных основ финансовой отчетности», документа, который сам по себе не является международным стандартом, а является основой при создании и пересмотре стандартов.

Также при вынесении профессионального суждения для составления собственной учетной политики руководство компании может также рассматривать материалы других устанавливающих стандарты органов и принятую отраслевую практику. Например, многие телекоммуникационные компании, составляющие финансовую отчетность согласно МСФО, в некоторых вопросах обращались к более детальным и подробным стандартам ОПБУ США.

Для того, чтобы информация, представленная в финансовой отчетности транспортной компании, была полезной для пользователей этой отчетности, очевидно, что отчеты должны быть сравнимы между собой. Практически весь финансовый анализ основывается на сравнимости и соответствии отчетности различных периодов. Фактически, учетная политика является механизмом достижения сопоставимости отчетности из периода в период, поэтому к аналогичным сделкам необходимо применять учетную политику последовательно.

Рассмотрим вопрос о том, каким образом можно изменять учетную политику.

Изменение учетной политики – это переход от одного допустимого принципа учета к другому допустимому принципу учета, включая методы применения этих принципов (например, изменение метода учета запасов со средневзвешенного на ФИФО).

Согласно МСФО, компании могут изменить свою учетную политику в двух случаях [6, с. 93]:

1) Если был принят новый стандарт, или внесены изменения в существующий. Пересмотр учетной политики в этом случае обязателен. Как правило, при этом в новом стандарте прописываются специальные правила переходного этапа. Они представляют собой подробное руководство о том, как следует учитывать изменения, которые были внесены в стандарт. Если в новом стандарте не прописаны правила переходного этапа, то применяются ретроспективный пересчет, то есть новый стандарт должен применяться в отчетности таким образом, как будто он действовал всегда.

2) Добровольное изменение учетной политики, но при определенной и обоснованной необходимости. Самостоятельно менять учетную политику можно только для того, чтобы повысить уместность и надежность отчетности для пользователей. Если компания решает добровольно изменить учетную политику, то необходимо сделать это ретроспективно. При таком ретроспективном переходе также корректируется начальное сальдо нераспределенной прибыли на начало самого раннего из представленных в отчетности периодов. Сумма этой корректировки представляет собой разницу между сальдо нераспределенной прибыли на начало периода и суммой нераспределенной прибыли на ту же дату, получаемой при применении новой учетной политики ко всем предшествующим периодам.

Если компания не в состоянии определить эффект от применения новой учетной политики как в периоде изменения, так и общий суммарный эффект, приняв в этих целях разумные и достаточные усилия, МСФО (IAS) 8 позволяет отображать изменения с наиболее раннего периода, для которого это практически целесообразно.

Однако международные стандарты упоминают про исключение из ретроспективного изменения учетной политики, касающееся ситуации, когда руководство компании решило в дальнейшем учитывать основные средства или нематериальные активы по модели учета по переоцененной стоимости вместо модели учета по первоначальной стоимости. Данный переход не отражается ретроспективно, а отражается перспективно как переоценка.

Также необходимо отметить, что в соответствии с МСФО (IAS) 8 следующие действия не являются изменениями в учетной политике [4]:

- принятие новой учетной политики для событий или сделок, которые не происходили ранее или не были существенными;
- принятие учетной политики для событий или сделок, отличающихся по существу от ранее происходивших событий и сделок.

Разработка и внедрение учетной политики – поэтапный процесс, который включает:

Изучение деятельности компании, в ходе чего определяются объекты учета, для которых формируется политика, а также факторы, оказывающие влияние на выбор способов ведения бухучета.

На основе анализа и оценки полученной информации подбираются и обосновываются первоначальные принципы (правила) создания учетной политики.

Определяются потенциально применимые в заданных условиях способы ведения учета и на их основе отбираются те, которые наиболее подходят для применения в конкретной компании, с обоснованием сделанного выбора.

Документальное, в том числе нормативное оформление учетной политики на уровне компании.

Российские стандарты за последние годы существенно продвинулись в части гармонизации с международными принципами учета. Однако по-прежнему часть положений РСБУ имеют неустраняемые различия с МСФО, что требует от компании дополнительных трудозатрат по параллельному ведению ряда участков учета. Поэтому компаниям, которые приняли решение о переходе на международные стандарты финансовой отчетности, прежде

всего, следует максимально сблизить методы учета по МСФО и РСБУ.

Подготовка и внедрение изменений обеспечиваются таким образом, чтобы новая политика применялась к статьям учета единообразно независимо от периода возникновения подлежащих отражению операций и событий – до или после изменений, за исключением случаев невозможности применения ретроспективного подхода для целей корректировки учетных данных за прошлые периоды.

При серьезных изменениях применяется тот же поэтапный порядок разработки политики, что и при первичном внедрении МСФО. Но в любом случае все изменения должны быть формализованы и представлены для целей организации и внедрения в виде принятых на уровне компании нормативных актов (приказов, положений и т.д.). Независимо от характера внесенных изменений они заново утверждаются в компании в виде новой (обновленной) учетной политики согласно принятому внутрикорпоративному порядку.

В заключение статьи, хотелось бы отметить, что МСФО (IAS) 8 также требует сделать подробные и детальные раскрытия в финансовой отчетности информации об изменениях в учетной политике, которые произошли в компании за текущий период. А также в ситуациях, если какой-то новый Стандарт или Разъяснение уже выпущены Советом по МСФО, но еще не вступили в силу, то необходимо раскрыть в примечаниях к отчетности возможное влияние данных изменений на финансовую отчетность транспортной компании.

Список литературы

1. Карзаева Н.Н. Оценка и её роль в учётной и финансовой политики организации. М.: Финансы и статистика. 2008. С. 54.
2. Ефременко Д. Актуальная бухгалтерия. М.: Гарант-Пресс. 2016. № 12. С. 13.
3. Петрова Н.А. Учетная политика по новым правилам // Упрощенная система налогообложения: бухгалтерский учет и налогообложение. 2017. N 9. С. 52.
4. Федорова О.С., Харалгина О.Л., Тинигина Т.В., Короткова Д.В., Гринемаер Е.А., Катанаева Т.В., Брызгалин А.В., Мустаева И.А., Пономарева А.Д. Учетная политика предприятия для целей налогообложения на 2016 год // Налоги и финансовое право. 2016. N 2. С. 8.
5. МСФО (IAS) 8 «Учетная политика, изменения в бухгалтерских расчетных оценках и ошибки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msfofm.ru/ifrs>.
6. Завьялова Т.В., Булычева Т.В. Формирование учетной политики в отечественной и международной практике на 2018 год // Фундаментальные исследования. 2018. № 2. С. 90–94.
7. Филобокова Л.Ю. Налоговая политика малого предприятия: оценка эффективности // М.: Аудиторские ведомости. 2008. С. 9.

«ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ - 2018»

Материалы Международной научно-практической конференции

13-14 НОЯБРЯ 2018 ГОДА

Научное издание

Составитель сборника Шаталова Н.В.

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.2018
Печать цифровая

Заказ №
Объем

Формат
Тираж 150 экз.

Отпечатано в полиграфическом центре типографического комплекса
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149