



ВЕСТНИК

Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

НАУКА и ТРАНСПОРТ

2/2016

«ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ»

Научно-практический журнал № 2 (33) 2016 года

Издается с апреля 2000 года

Выходит один раз в полугодие

Учреждители:

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»
Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

Главный редактор В. И. СЕНЬКО

Заместители главного редактора: В. Я. НЕГРЕЙ, К. А. БОЧКОВ

Редакционная коллегия:

*Ю. И. ЕФИМЕНКО, В. М. МОРОЗОВ, Е. В. НАГОРНЫЙ, А. А. СИВАК,
Л. А. СОСНОВСКИЙ, Э. И. СТАРОВОЙТОВ, Э. Д. ТАРТАКОВСКИЙ, В. Н. ШУБАДЕРОВ*

Ответственный секретарь *Т. А. ВЛАСЮК*

Адрес редакции: ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Республика Беларусь
телефон (факс) (0232) 71-29-28

Свидетельство о государственной регистрации средства массовой информации № 1247 от 08.02.2010,
выданное Министерством информации Республики Беларусь

На белорусском и русском языках

Редакторы: *И. И. Эвентов, А. А. Павлюченкова*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Компьютерная верстка – *С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 30.12.2016 г. Формат 60x84¹/₈. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 25,81. Уч.-изд. л. 26,14. Тираж 100 экз. Изд. № 147. Зак. № 4449.

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»
ЛП № 02330/238 от 14.04.2014 г.
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Сенько В. И., Путьто А. В., Коновалов Е. Н. Расчетно-экспериментальная оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона дизель-электростанции после длительной эксплуатации.....	5
Васильев С. М., Железняков А. Д., Целковицова Л. П. Моделирование соударений вагонов при сухом трении в опорах груза.....	10
Жалкин А. Д. Активация рабочей смеси гибридной силовой установки дизель-поезда.....	13
Панченко В. Н., Балакин А. Ю. Оптимизация надежности и экономичности работы дизелей.....	18

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Негрей В. Я., Шкурин К. М. Развитие методов анализа перевозочного процесса.....	23
Негрей В. Я., Дорошко С. В. Расчетные вагонопотоки для разработки плана формирования поездов.....	26
Головнич А. К. Особенности формирования и использования технологической структуры трехмерного образа путевого развития и технического оснащения железнодорожной станции.....	32
Еловой И. А., Потылкин Е. Н. Требования к повышению конкурентоспособности логистических схем доставки грузов с использованием железнодорожных путей необщего пользования.....	37
Кузнецов В. Г., Козлов В. Г., Бекеш В. Г. Определение корреспонденций прогнозных вагонопотоков на основе плана погрузки дороги с применением автоматизированной системы «Динамическая карта».....	41
Пожидаев С. А., Азявчиков Н. А., Журавель В. В. Энергоэффективные конструкции и проектные решения при развитии сортировочных станций.....	45
Потылкин Е. Н. Закономерности технологических параметров в логистических схемах доставки грузов с использованием железнодорожных путей необщего пользования.....	50
Кузнецов В. Г., Бик-Мухаметова О. И. Методика расчета показателей простоя вагонов на железнодорожной станции на основе пономерного способа их учета.....	54
Колос М. М., Гончар М. А. Анализ практики заполнения памятки приемосдатчика и учета продолжительности простоя вагонов/контейнеров на железнодорожных путях необщего пользования.....	61
Аксенчиков А. А. Разработка модели взаимодействия элементов в подсистеме на станции передачи вагонов при выполнении технологических операций.....	67
Гурский Е. П., Михальченко А. А. Изменение условий обеспечения погрузочными ресурсами железной дороги по функциональному признаку перевозки в соответствии с техническим регламентом.....	71
Кузнецов В. Г., Терещенко О. А., Ленинова Ю. О. Оценка потребного парка вагонов для освоения перевозок на основе структурной декомпозиции.....	75
Сафроненко А. А. Информационное обеспечение процессов жизненного цикла объектов инфраструктуры железной дороги.....	79
Власюк Т. А. Анализ влияния железнодорожного транспорта на процессы агломерирования городов в середине XX века по исследованиям отечественных ученых.....	87
Лучникова Т. П. Значение предприятий железнодорожного транспорта в использовании транзитного потенциала Украины.....	93
Терещенко О. А. Метод оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов.....	96
Кульбовский И. И., Сорочинская Е. Л. Социально-психологические аспекты безопасности труда в проектах инфраструктуры транспорта.....	100
Двулит З. П. Применение современного программного продукта ECOTRANSIT®WORLD в системе экономико-экологического управления устойчивым развитием предприятий железнодорожного транспорта.....	103
Кузьмичёв И. К., Малышкин А. Г. Суда на воздушной подушке – инновационный вид речных транспортных средств.....	109

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

Бочков К. А., Буй П. М., Чеканова О. А. Критически важные объекты информатизации на железнодорожном транспорте.....	112
Рязанцева Н. В., Измайлов К. Ф., Гулевич А. А. Система контроля обслуживания объектов с использованием технологии NFC.....	116
Галушко В. Н., Дробов А. В., Бахур С. И., Горбач А. И. Повышение эффективности использования электрической энергии энергии с помощью программных средств электрических расчетов и анализа надежности.....	119
Фомичев В. Н., Примакович Л. В., Михоленко А. А. Сравнительный анализ параметров цифровых систем передачи данных.....	123

Гололобова О. А. Исследование работы системы автоматической локомотивной сигнализации в условиях помех	126
Сивко Б. В. Разработка безопасных и отказоустойчивых систем на основе взаимной проверки аксиоматических базисов	130
Буряк С. Ю. Основы автоматизации поиска повреждений стрелочных переводов	133
Комнатный Д. В. Импульсные процессы в активно-индуктивной входной цепи с защитным позистором модуля приема данных	137
Шевченко Д. Н. Статистическая оценка интенсивности отказов типовых подсистем исполнительного уровня отечественных МПЦ	140
Шевченко Д. Н., Кравченя И. Н., Голик В. К. Оптимизация штата РТУ СЦБ дистанций сигнализации и связи при их объединении	142
АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ	
Аземша С. А., Карасевич С. Н., Старовойтов А. Н. Разработка индивидуальных целевых заданий регионам по повышению безопасности дорожного движения	145
Аземша С. А., Макушенко И. А. Количественный анализ аварийности в Гомельской области в период действия концепции обеспечения безопасности дорожного движения	151
Карасевич С. Н., Аземша С. А. Анализ мирового опыта нормативно-правового регулирования создания доступной среды на транспорте для инвалидов и маломобильных групп населения	155
Пацкевич В. А., Аземша С. А., Галушко В. Н. Анализ зависимости удельного расхода электроэнергии троллейбусами от различных факторов	161
Старовойтов А. Н., Шаповалова Б. Установление закономерностей изменения интенсивности транспортных потоков	164
Миленский В. С., Круглый П. Е., Круглый С. П. Методология нормирования работ, выполняемых при ремонте транспортных средств	168
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ	
Елисеев С. В., Артюнин А. И. Механико-математическое моделирование эффекта застревания маятников на вращающемся роторе	172
Васильев А. А., Шевченко Д. Н. Математическая расчетно-экспериментальная модель начальной карбонации бетона	176
Васильев А. А., Беяева Е. В., Булавко А. Н. Оценка изменения защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре для эксплуатационных условий открытой атмосферы при применении вторичной защиты бетона составом «ГС пенетрат» .	180
ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ТРАНСПОРТА	
Царенкова И. М., Довгелюк Н. В., Масловская М. А. Экономическая целесообразность строительства путепровода на пересечении дорог	184
Столяров Г. В. Построение структур управления фирмой	188
Мельник Т. С. Обеспечение лояльности и удовлетворенности пассажиров железнодорожного транспорта в контексте создания корпоративных ценностей железнодорожной компании	191
Садюк А. В. Эволюция ценообразования на услуги предприятий железнодорожного транспорта Украины	198
Михальченко А. А., Власюк Т. А., Григоренко Н. А. Транспортная логистика в туристическом сервисе Гомельского региона	203
ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ	
Бляскин С. Д., Бронев В. В. Профессионально необходимые свойства личности диспетчерского персонала ЦУП	207
Шилович А. В. Совершенствование организации производственных практик студентов	210
Янчицкая Я. В. Влияние СМИ на изменение рождаемости в Республике Беларусь	212
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА	
Сенько В. И., Васильев А. А., Горевая Ю. С. Образование и становление транспортной подотрасли системы городского жилищно-коммунального хозяйства	215
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ КОНФЕРЕНЦИИ	
Поддубный А. А., Демидов П. Г. Строительство и восстановление искусственных сооружений	221
Требования к оформлению статей	222

БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

УДК 629.462.4:629.4.018

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, А. В. ПУТЯТО, доктор технических наук, Е. Н. КОНОВАЛОВ, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Приведена процедура оценки остаточного ресурса вагона дизель-электростанции модели 16-3001, выработавшего нормативный срок службы и обоснование его пригодности к дальнейшей эксплуатации. Выполнено обследование технического состояния несущей конструкции вагона, в том числе ультразвуковая толщинометрия, в результате которого не выявлено существенных повреждений и износа. Разработана конечно-элементная модель металлоконструкции вагона для установления ее соответствия актуальным нормативным требованиям, имеющая возможность учета износа конструкции после длительной эксплуатации. Приведены результаты расчета на прочность, показывающие соответствие несущей конструкции вагона действующим нормам, а также результаты проведения контрольных натурных испытаний. Массив экспериментальных данных, полученных для контрольных точек при эксплуатационных нагрузках, характерных для рассматриваемого типа вагона, использован при расчетно-экспериментальной оценке остаточного ресурса несущей конструкции вагона. Результаты исследований показали наличие остаточного ресурса металлоконструкции вагона не менее чем на 7 лет.

Введение. В соответствии с [1, 2] назначенный срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния. В то же время многолетняя практика эксплуатации железнодорожного подвижного состава показала, что зачастую техническое состояние вагона, отработавшего назначенный срок службы, весьма далеко от предельного, и это может быть связано как с резервом, заложенным на стадии проектирования, так и условиями эксплуатации. В связи с этим в настоящее время широкое распространение получила процедура продления срока службы грузовых вагонов до возраста равного полуторному сроку назначенного срока службы вагона. Порядок реализации указанной процедуры изложен в «Положении о продлении сроков службы грузовых и рефрижераторных вагонов государств – участников соглашений о совместном использовании грузовых вагонов в международном сообщении», согласно которому остаточный ресурс вагона оценивается путем проведения технического диагностирования. Наряду с обследованием (контролем) технического состояния (объем зависит от типа вагона и опасности перевозимых грузов), заключающегося в изучении конструкторской документации, условий эксплуатации и проведения технических освидетельствований и ремонтов, проведении наружного и внутреннего визуального контроля металлоконструкции, а также контроле сварных швов и основного металла неразрушающими методами (ультразвуковая толщинометрия металлоконструкции, ультразвуковая дефектоскопия, капиллярный контроль и т.п.), техническое диагностирование вагона подразумевает проведение ресурсных ударных испытаний рассматриваемой модели вагона или ее аналога, под которым понимается вагон с аналогичными техническими и конструктивными характеристиками.

Следует отметить, что оцениваемый ресурс металлоконструкции вагона при выполнении указанного вида испытаний характеризует работу вагона только при воздействии соответствующего спектра продольных ударных нагрузок. В то же время ресурсные испытания должны максимально полно учитывать спектр эксплуатационных нагрузок, которые будут зависеть от типа вагона, условий его эксплуатации и рода перевозимого груза, оказывающего, зачастую, существенное влияние на значения амплитудных динамических напряжений в металлоконструкции вагона за счет взаимодействия с ней. В этом аспекте также нужно отметить, что в настоящее время отсутствуют результаты ресурсных испытаний новых вагонов, технико-экономические показатели и технологии изготовления которых существенно отличаются от вагонов старого поколения, а назначенный срок службы, например для нефтебензиновых вагонов-цистерн, уже на протяжении более 40 лет составляет 32 года, в связи с чем актуальной является задача развития методов экспериментальной и расчетной оценки ресурса вагона, в том числе и остаточного после длительной эксплуатации.

Постановка задачи и объект исследования. Для перевозки скоропортящихся грузов используется рефрижераторный железнодорожный подвижной состав. К такому типу относится пятивагонный состав постройки Брянского машиностроительного завода, в составе которого имеется служебно-технический вагон дизель-электростанция модели 16-3001. Вагон предназначен для выработки электроэнергии с целью питания силовых установок, приборов и системы освещения помещений грузовых вагонов. Внешний вид объекта исследования приведен на рисунке 1, этап 1.

Кузов вагона дизель-электростанции состоит из дизельного, аппаратного, котельного отделений и отделения для отдыха обслуживающего персонала, а также кухни-салона, аккумуляторной и туалета. В дизельном

отделении установлены два дизель-генератора. Вагон спроектирован по габариту 1-Т. Масса тары вагона – 64,5 т. Кузов – цельнометаллический, длина его по раме – 17 м.

Для придания необходимой устойчивости обшивка выполнена гофрированной и подкреплена стойками, продольными обвязками и дугами, изготовленными из гнутых профилей и соединенными между собой и с обшивкой сваркой.

Несущие части рамы, подкрепляющие элементы стен и крыши (стойки, обвязки и дуги) выполнены из низколегированной стали 09Г2Д (предел текучести материала – 305 МПа), а обшивка – из стали 10ХНДП (предел текучести материала – 345 МПа). На боковых стенах кузова предусмотрены дверные и оконные проемы. Боковые стены изготовлены из гофрированной металлической обшивки толщиной 2,0 мм, подкрепленной угловыми, промежуточными и дверными стойками, а также верхней и нижней продольными обвязками. Угловые стойки выполнены из гнутого уголка 80×80×4 мм, промежуточные – из Z-образного профиля, дверные – из специального профиля толщиной 4 мм, верхняя обвязка – из швеллера № 12, а нижняя – из уголка 120×80×8 мм. Торцовые стены также состоят из гофрированных листов толщиной 2 мм, подкрепленных угловыми и промежуточными стойками. Стойки сверху связаны верхней обвязкой, а снизу приварены к концевой балке рамы.

Рама кузова состоит из хребтовой, двух боковых, двух концевых, двух шкворневых, а также вспомогательных поперечных балок. Хребтовая балка образована двумя Z-образными балками № 31, соединенными диафрагмами и сваренными между собой по верхним полкам. В консольной части балка усилена розеткой и упорами автосцепки, а в зоне соединения с шкворневой балкой – надпятниковой коробкой. Боковые балки изготовлены из уголка 120×80×8 мм и усилены в дверном проеме подкрепляющими балками. Шкворневые балки сварные коробчатого сечения. Они состоят из двух вертикальных и двух горизонтальных листов. Концевые балки сварные корытообразного сечения.

Начало производства рассматриваемого подвижного состава на Брянском машиностроительном заводе датируется 1986 годом, и вагоны первых лет постройки уже вырабатывают свой нормативный срок службы. Учитывая, что рассматриваемый подвижной состав в настоящее время не выпускается, актуальной является задача определения наличия остаточного ресурса его несущей конструкции и обоснования дальнейшей безопасной эксплуатации.

Процедура обоснования остаточного ресурса несущей конструкции вагона. Обобщенная процедура обоснования остаточного ресурса несущей конструкции вагона дизель-электростанции модели 16-3001 приведена на рисунке 1.

На первом этапе выполняется обследование технического состояния вагона, в рамках которого разрабатываются диагностические карты основных конструктивных элементов металлоконструкции вагона, в которых отражаются результаты визуального, ультразвукового и, при необходимости, других методов неразрушающего контроля. Результаты ультразвуковой толщинометрии используются на втором этапе при разработке конечно-элементных схем металлоконструкции вагона для расчета на прочность с учетом ее физического износа. Расчеты

в рамках третьего этапа выполняются с целью установления соответствия конструкции вагона актуальным нормативным требованиям прочности.

Положительные результаты расчетов являются необходимым требованием для перехода к четвертому этапу: подготовка к проведению контрольных натурных испытаний вагона на нагрузки, имеющие место в эксплуатации для рассматриваемого типа подвижного состава. В рамках подготовки разрабатываются программа и методика проведения испытаний, определяются контрольные точки на основе результатов прочностных расчетов, а также устанавливаются тензометрические датчики.

На пятом этапе проводится необходимый и достаточный объем контрольных испытаний, результатом которого является получение массива экспериментальных данных, используемых при расчетно-экспериментальном определении остаточного ресурса на окончательном этапе.

Расчеты на прочность металлоконструкции вагона. Для расчета на прочность металлоконструкции вагона разработана конечно-элементная модель. При разработке модели использован комплект конструкторской документации на вагон, а также значения толщин конструктивных элементов, определенных по результатам ультразвуковой толщинометрии объекта исследования (вагон № 53700100 после 25 лет эксплуатации). Использовались два типа конечных элементов: плоские пластинчатые 3- и 4-узловые. Параметры расчетной модели: число узлов – 434735, конечных элементов – 433321. Модуль упругости материала принят равным $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона – 0,3.

Силовые граничные условия введены в соответствии со значениями и расчетными схемами, приведенными в «Нормах для расчета и проектирования ...» [3]. Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров автосцепного устройства и пятников. При подготовке модели учтены также особенности силового нагружения, связанные со спецификой рассматриваемого вагона: установка двух дизель-генераторов, наличие основных и раздаточных топливных баков, наличие баков с водой, а также дополнительного массивного оборудования внутри вагона. На рисунке 1, этап 2 приведена геометрическая модель вагона, а также фрагменты регулярного разбиения на конечные элементы.

Результаты расчета максимальных значений эквивалентных напряжений при I и III режимах нагружения (сжатие) приведены в таблице 1.

На рисунке 1, этап 3 приведена картина распределения эквивалентных напряжений (в мегапаскалях) при ударном нагружении. Максимальные значения напряжений в хребтовой балке получены равными 271 МПа при допускаемом значении 305 МПа, которые возникают в верхней полке в области сочленения с консольной балкой со стороны аккумуляторного отделения (сторона соударения). В свою очередь, уровень напряжений в нижнем листе шкворневой балки в месте соединения ее с хребтовой с ударной стороны составил 93,3 % от допускаемого. В области установки ударной розетки оказалась наиболее нагружена консольная балка (горизонтальный лист), где расчетные напряжения составили 279 МПа, что также ниже допустимого уровня.

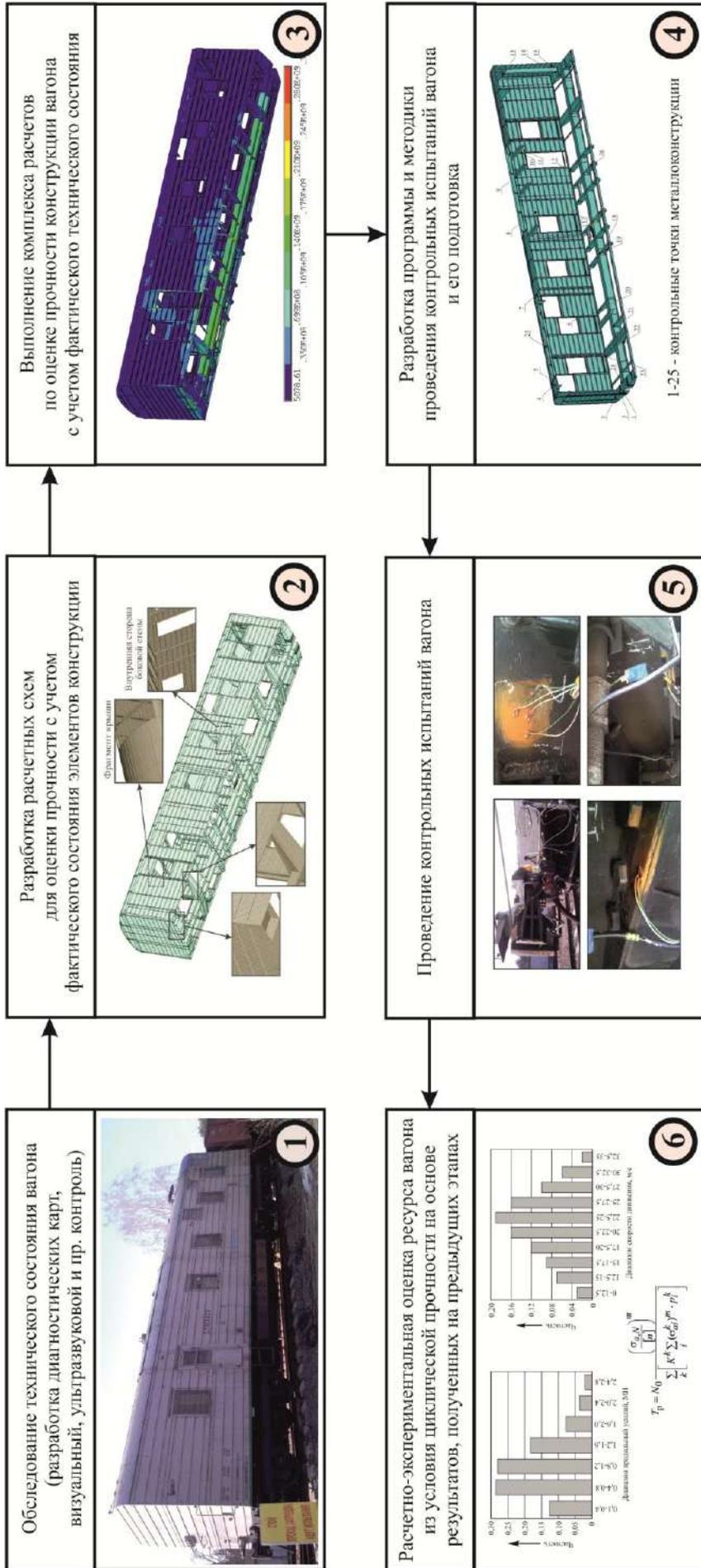


Рисунок 1 – Обобщенная процедура обоснования остаточного ресурса несущей конструкции вагона дизель-электростанции

Таблица 1 – Результаты расчетов при I и III режимах нагружения (сжатие)

Наименование конструктивного элемента	Эквивалентные напряжения, МПа*	Допускаемые напряжения, МПа*
1 Хребтовая балка	266 (130)	274,5 (190)
2 Шкворневая балка	241 (137)	274,5 (190)
3 Концевая балка	187 (113)	274,5 (190)
4 Боковая обвязка	243 (152)	274,5 (190)
5 Стойки боковой стены	175 (134)	274,5 (190)
6 Обшива боковой стены	161 (130)	327,75 (195)
7 Стойки торцевой стены	131 (66,6)	274,5 (190)
8 Обшива торцевой стены	166 (64,6)	327,75 (195)
9 Подкрепляющие крыши	78,9 (97,4)	274,5 (190)
10 Обшива крыши	109 (137)	327,75 (195)
11 Поперечные балки рамы крепления топливных баков	128 (120)	274,5 (190)
12 Поперечные балки рамы (установка дизель-генераторов)	211 (158)	274,5 (190)

* В скобках указаны значения для III режима нагружения.

Достаточно высокий уровень эквивалентных напряжений зафиксирован в месте соединения верхнего листа шкворневой балки с боковой обвязкой с ударной стороны, а также при ее сочленении с верхним листом концевой балки (294 МПа, что составило 96,4 % от допускаемого уровня). Стойки боковой стены наиболее нагружены в области установки большого водяного бака в местах сочленения с нижней обвязкой боковой стены, максимальные эквивалентные напряжения составили 209 МПа. В этой же части вагона зафиксирован максимальный уровень напряжений в обшивке боковой стены (315 МПа при допускаемых 345 МПа).

Наиболее нагруженной частью стоек торцевой стены дизельного отделения оказалась зона сочленения с консольной балкой, где напряжения составили 100 МПа. В этой же области получены максимальные эквивалентные напряжения в обшивке рассматриваемой торцевой стены (73,6 МПа при допускаемых равных 345 МПа). В то же время в обшивке торцевой стены аккумуляторного отделения вблизи консольного бруса эквивалентные напряжения составили 220 МПа.

В продольных подкрепляющих элементах крыши большого люка в местах установки водяного бака (сочленение поперечных балок с верхней обвязкой торцевой стены) напряжения составили 84 % от допускаемого значения. В то же время наибольшие расчетные напряжения обшивы крыши получены в области установки малого люка крыши (дизельное помещение), в зоне ближе к середине вагона (место установки топливного бака) и составили 109 МПа при допускаемых 345 МПа. При рассматриваемом режиме нагружения в поперечных балках рамы максимальные напряжения (298 МПа) зафиксированы в местах соединения с боковой обвязкой рамы. Напряжения, близкие к пределу текучести материала (301 МПа при допускаемом значении 305 МПа) получены в области соединения поперечной балки рамы с хребтовой

балкой (установка дизель-генератора), расположенной ближе к консоли вагона.

Таким образом, выполненные расчеты на прочность кузова и рамы вагона дизель-электростанции модели 16-3001 № 53700100 с учетом фактических значений толщин металлоконструкции после 25 лет эксплуатации показали соответствие конструкции нормативным требованиям [3].

Расчетно-экспериментальная методика оценки остаточного ресурса несущей конструкции. Для оценки остаточного ресурса металлоконструкций вагона дизель-электростанции после длительной эксплуатации использована методика, основанная на подходе, изложенном в «Нормах...» [3] и РД 24.050.37 [4]. В методике приняты следующие допущения: усталостное повреждение или разрушение материала вагона в основном происходит при упругом деформировании; параметром, определяющим циклическую прочность, является коэффициент запаса сопротивления усталости; справедлива линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений; для неустановившегося режима нагружения амплитудные значения динамических напряжений приводятся к эквивалентному симметричному циклу.

Параметром, определяющим циклическую прочность, является коэффициент запаса сопротивления усталости n , определяемый из отношения предела выносливости материала $\sigma_{a,N}$ для контрольной зоны конструкции вагона к величине амплитуды динамического напряжения $\sigma_{a,\varepsilon}$, эквивалентной по повреждающему действию реальным режимам эксплуатационных случайных напряжений за срок службы.

Расчетное значение $\sigma_{a,N}$ определяется по формуле

$$\sigma_{a,N} = \bar{\sigma}_{a,N} (1 - z_p v_{\sigma_{a,N}}),$$

где $\bar{\sigma}_{a,N}$ – среднее значение предела выносливости контрольной зоны; z_p – квантиль распределения $\sigma_{a,N}$, соответствующий односторонней вероятности 95 %; $v_{\sigma_{a,N}}$ – коэффициент вариации предела выносливости материала.

Значение $\bar{\sigma}_{a,N}$ определяется по формуле

$$\bar{\sigma}_{a,N} = \frac{\bar{\sigma}_{-1}}{k_{\sigma}},$$

где $\bar{\sigma}_{-1}$ – среднее значение предела выносливости гладкого стандартного образца при симметричном цикле изгиба на базе $N_0 = 10^7$ циклов; k_{σ} – среднее значение общего коэффициента снижения предела выносливости в выбранной контрольной зоне по отношению к пределу выносливости гладкого стандартного образца.

Таким образом, $\sigma_{a,\varepsilon}$ – параметр, включающий в себя срок службы металлоконструкции. Для его определения при k режимах нагружения воспользуемся формулой

$$\sigma_{a,\varepsilon} = m \sqrt{\sum_k \left[\frac{N_c^k}{N_0} \sum_i (\sigma_{ai}^k)^m P_i^k \right]},$$

где m – показатель степени в уравнении кривой усталости в амплитудах; N_c^k – суммарное число циклов динамических напряжений за расчетный срок службы

котла для k -го режима нагружения; σ_{ai}^k – уровень амплитуд напряжений в i -м интервале k -го режима нагружения; p_i^k – вероятность (частота) действия уровня амплитуд $\sigma_{a,i}$ в i -м интервале k -го режима нагружения.

Суммарное число циклов для k -го режима представим в виде

$$N_c^k = K_k T_p,$$

где K_k – коэффициент, связывающий суммарное число циклов динамических напряжений с расчетным суммарным сроком службы для k -го режима нагружения; T_p – суммарный расчетный срок службы.

Амплитудные значения динамических напряжений для неустановившегося режима нагружения, полученные по результатам натурных испытаний продлеваемого вагона, приводятся к эквивалентному симметричному циклу по формуле

$$\sigma_a = \sigma_a^{\text{исп}} + \psi \sigma_m^{\text{исп}},$$

где $\sigma_a^{\text{исп}}$ – амплитуда динамического напряжения, полученная по результатам испытаний при несимметричном цикле нагружения; ψ – коэффициент чувствительности асимметрии цикла нагружения; $\sigma_m^{\text{исп}}$ – среднее напряжение цикла, полученное по результатам испытаний.

Таким образом, выражение для определения срока службы вагона принимает вид

$$T_p = N_0 \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{n} \right)^m}{\sum_k \left[K^k \sum_i (\sigma_{ai}^k)^m p_i^k \right]},$$

где N_0 – базовое число циклов; m – показатель степени в уравнении кривой усталости в амплитудах; p_i^k – частота действия уровня амплитуд напряжений σ_{ai}^k в i -м интервале k -го режима нагружения.

В качестве остаточного срока службы принималось минимальное значение из массива $\{T_p\}$ для контрольных зон.

Результаты определения остаточного ресурса. Для рассматриваемого типа вагона, учитывая специфику эксплуатации, амплитудные динамические напряжения определены для двух режимов нагружения: продольного соударения и сброса с клиньев (имитация вертикальных колебаний вагона). Частоты диапазонов продольных усилий, действующих на автосцепное устройство, а

Получено 29.06.2015

V. I. Senko, A. V. Putsiata, Y. N. Kanavalau. Calculation and experimental estimation of residual resource of the bearing structure of the car of diesel engine-power station after long-term service.

Procedure calculation and experimental estimation of residual resource of the bearing structure of the car of diesel engine-power station model 16-3001 after long-term service is reduced. Within the limits of procedure inspection of a technical condition of a bearing structure of the car, including ultrasonic diagnostics in which result it is not revealed essential damages and deterioration is executed. Finite-element model of bearing structure of wagon is developed. It created for an establishment of its conformity to the actual standard requirements after long operation of wagon. Results of calculation on the durability showing conformity of a bearing structure of the wagon to effective standards, and also results of carrying out of control natural tests are resulted. The file of the experimental data received for control points at operational loadings, characteristic for considered type of the car, is used at a settlement-experimental estimation of a residual resource of a bearing design of the car. Results of researches have shown presence of a residual resource the car not less than 7 years.

также диапазонов скоростей в процессе эксплуатации приведены на рисунке 1, этап 6.

Зоны (контрольные точки 1 – 25) для наклейки тензометрических датчиков при проведении экспериментальных исследований определены по результатам прочностных расчетов. На рисунке 1, этап 4 приведена геометрическая модель металлоконструкции вагона с указанием контрольных точек, а также фрагменты размещения тензодатчиков (рисунок 1, этап 5).

Приведенная методика оценки остаточного ресурса реализована в программе *Microsoft Excel*. Опуская промежуточные расчеты, на диаграмме рисунка 2 приведены результаты определения долговечности для установленных контрольных зон (для контрольных точек, не указанных на диаграмме, остаточный ресурс составляет более 100 лет).

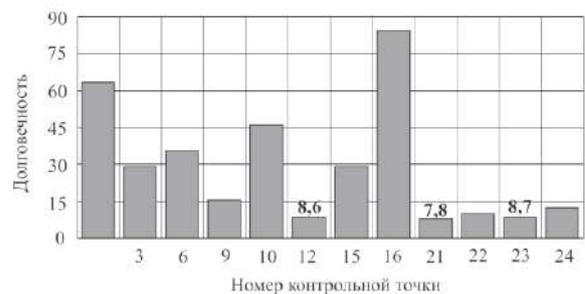


Рисунок 2 – Результаты определения долговечности

Таким образом, результаты расчетно-экспериментального определения остаточного ресурса по критерию усталостной прочности опытного образца вагона-дизель электростанции № 53700100 пятивагонной рефрижераторной секции постройки 1988 г. показали, что несущая металлоконструкция вагона обладает остаточным ресурсом не менее чем 7 лет эксплуатации.

Список литературы

- 1 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения : ГОСТ 27.002–89. – Введ. 1990-07-01. – 36 с.
- 2 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» : ТР ТС 001/2011. – Введ. 2014-08-02. – 46 с.
- 3 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
- 4 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества : РД 24.050.37–95. – Введ. 1995-02-02. – М. : ГосНИИВ, 1995. – 101 с.

УДК 656.212.6.073.22.002.5

С. М. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, А. Д. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, кандидат технических наук, Л. П. ЦЕЛКО-ВИКОВА научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОУДАРЕНИЙ ВАГОНОВ ПРИ СУХОМ ТРЕНИИ В ОПОРАХ ГРУЗА

Предлагаются результаты теоретических исследований перемещений длиномерного груза, перевозимого на сцепе двух железнодорожных платформ, оборудованных турникетно-крепежными устройствами (ТКУ), а также сил, действующих на груз со стороны ТКУ.

Исследования выполнены методом теории колебаний механических систем с конечным числом степеней свободы. Платформы сцепа и груза считаются абсолютно жесткими телами, а межвагонные соединения и опоры ТКУ – упругими связями постоянной жесткости сухим трением. Для получения движения системы используем принцип Даламбера.

Расчетная схема соударения сцепа с неподвижной преградой (группы заторможенных вагонов) показана на рисунке 1.

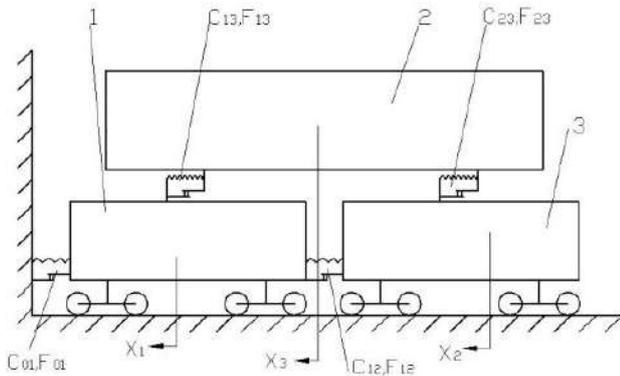


Рисунок 1 – Расчетная схема соударения вагона

В начальный момент набегания сцепа на преграду платформа 1 получает жесткий удар, сила которого при любой скорости соударения v_0 к началу деформации упругой связи C_{01} практически мгновенно возрастает до величины силы трения F_{01} . В результате платформа 1 как жесткое тело приобретает ускорение x_1 , зависящие от степени участия в ударе каждой из масс системы. Возможны следующие варианты взаимодействия тел:

Все три массы системы жестко соединены между собой силами сухого трения в единое тело и на первом этапе движутся совместно ($x_1 = x_2 = x_3$). Условия, при которых возникает такое движение, могут быть представлены в виде

$$\frac{F_{12} + F_{13}}{m_2 + m_3} \geq \frac{F_{01}}{m_1 + m_2 + m_3} \leq \frac{F_{13} + F_{23}}{m_3}. \quad (1)$$

Рассматриваемое движение описывается уравнением

$$(m_1 + m_2 + m_3) \ddot{x}_1 + c_{01}x_1 = -F_{01} \operatorname{sign} \dot{x}_1. \quad (2)$$

Характер движения сохраняется, пока выполняется следующие условие $x_1 \geq 0$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{c_{01}x_1 + F_{01}}{m_1 + m_2 + m_3} &\leq \frac{F_{12} + E_{13}}{m_2 + m_3}; \\ \frac{c_{01}x_1 + F_{01}}{m_1 + m_2 + m_3} &\leq \frac{F_{12} + E_{23}}{m_2}; \\ \frac{c_{01}x_1 + F_{01}}{m_1 + m_2 + m_3} &\leq \frac{F_{13} + E_{23}}{m_3}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При нарушении первого, второго или третьего неравенства (3) начинает двигаться отдельно первая, вторая или третья массы системы соответственно.

Платформы 1 и 2 жестко соединены между собой силами сухого трения в единое тело и на первом этапе движутся совместно ($x_1 = x_2$), а груз 3 начинает проскальзывать относительно их. Условия возникновения такого движения в момент удара определяются неравенствами

$$\frac{F_{12} - F_{23}}{m_2} \geq \frac{F_{01} - F_{13} - F_{23}}{m_1 + m_2} > \frac{F_{13} F_{23}}{m_3} \quad (4)$$

и описываются следующими уравнениями:

$$m_3 \ddot{x}_3 + (c_{13} + c_{23})(x_3 - x_1) = -(F_{13} + F_{23}) \operatorname{sign}(\dot{x}_3 - \dot{x}_1), \quad (5)$$

где $\operatorname{sign}(\dot{x} - \dot{x}') = +1$ при $(\dot{x} - \dot{x}') > 0$,
 $\operatorname{sign}(\dot{x} - \dot{x}') = -1$ при $(\dot{x} - \dot{x}') < 0$.

Рассматриваемый вид движения происходит до тех пор, пока соблюдаются условия $x_1 \geq 0$; $(x_3 - x_1) \geq 0$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{F_{01} - F_{13} - F_{23} + c_{01}x_1 - (c_{13} + c_{23})(x_3 - x_1)}{m_1 + m_2} &\leq \frac{F_{12} - F_{23} - c_{23}(x_3 - x_1)}{m_2}; \\ \frac{F_{01} - F_{13} - F_{23} + c_{01}x_1 - (c_{13} + c_{23})(x_3 - x_1)}{m_1 + m_2} &> \frac{F_{13} + F_{23} + (c_{13} + c_{23})(x_3 - x_1)}{m_3}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

При нарушении первого неравенства в полученных условиях возникает относительное перемещение платформ 1 и 2, при нарушении второго – все три массы начинают двигаться совместно.

Массы 1 и 3 жестко связаны между собой силами сухого трения в единое тело и на первом этапе движутся совместно ($x_1 = x_3$), а платформа 2 начинает проскальзывать относительно них. Условия, при которых возникает такое движение, могут быть получены в виде

$$\frac{F_{13} - F_{23}}{m_3} \geq \frac{F_{01} - F_{12} - F_{23}}{m_1 + m_3} > \frac{F_{12} + F_{23}}{m_2}. \quad (7)$$

Рассматриваемое движение описывается уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} (m_1 + m_3)\ddot{x}_1 + c_{01}x_1 - (c_{12} + c_{23})(x_2 - x_1) = \\ = -F_{01}\text{sign}\dot{x}_1 + (F_{12} + F_{23})\text{sign}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1); \\ m_2\ddot{x}_2 + (c_{12} + c_{23})(x_2 - x_1) = -(F_{12} + F_{23})\text{sign}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1). \end{aligned} \right\} (8)$$

Этот вид движения происходит только при соблюдении следующих условий (при $x_1 \geq 0$; $(x_2 - x_1) \geq 0$):

$$\left. \begin{aligned} \frac{F_{01} - F_{12} - F_{23} + c_{01}x_1 - (c_{12} + c_{23})(x_2 - x_1)}{m_1 + m_3} \leq \frac{F_{13} - F_{23} - c_{23}(x_2 - x_1)}{m_3}; \\ \frac{F_{01} - F_{12} - F_{23} + c_{01}x_1 - (c_{12} + c_{23})(x_2 - x_1)}{m_1 + m_3} > \\ > \frac{F_{12} + F_{23} + (c_{12} + c_{23})(x_2 - x_1)}{m_2}. \end{aligned} \right\} (9)$$

В случае нарушения первого неравенства в условиях (9) возникает относительное перемещение масс 1 и 3, при нарушении второго – все три массы начинают двигаться совместно.

Массы 2 и 3 жёстко связаны между собой силами сухого трения в единое тело и на первом этапе движутся совместно ($x_2 = x_3$), а платформа 1 начинает проскальзывать относительно их. Условия, при которых возникает рассматриваемое движение, можно представить в виде

$$\left. \begin{aligned} (m_2 + m_3)F_{23} > |m_3F_{12} - m_2F_{13}|; \\ \frac{F_{01} - F_{12} - F_{23}}{m_1} > \frac{F_{12} + F_{13}}{m_2 + m_3}. \end{aligned} \right\} (10)$$

Оно описывается следующими уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} m_1\ddot{x}_1 + c_{01}x_1 - (c_{12} + c_{13})(x_3 - x_1) = \\ = -F_{01}\text{sign}\dot{x}_1 + (F_{12} + F_{13})\text{sign}(\dot{x}_3 - \dot{x}_1); \\ (m_2 + m_3)\ddot{x}_3 + (c_{12} + c_{13})(x_3 - x_1) = \\ = -(F_{12} + F_{13})\text{sign}(\dot{x}_3 - \dot{x}_1). \end{aligned} \right\} (11)$$

Характер движения сохраняется до тех пор, пока выполняются условия (при $x \geq 0$, $(x - x) \geq 0$):

$$\left. \begin{aligned} F_{23} \geq \frac{m_3 \left[\frac{1}{2}(x_3 - x_1) + F_{12} \right] - m_2 \left[\frac{1}{2}(x_3 - x_1) + F_{13} \right]}{m_2 + m_3}; \\ (m_1 + m_2 + m_3)(F_{12} + F_{13}) - (m_2 + m_3)F_{01} > \\ > (m_1 + m_2 + m_3)(c_{12} + c_{13})(x_3 - x_1) - (m_2 + m_3)c_{01}x_1. \end{aligned} \right\} (12)$$

В случае нарушения первого неравенства в условиях (12) возникает относительное перемещение масс 2 и 3, при нарушении второго – все три массы начинают двигаться совместно.

Все три массы системы имеют перемещения относительно друг друга. Такое движение возникает в случаях, когда не выполняется ни одно из условий (1), (4), (7), (10) в начале движения или нарушаются первые неравенства в условиях (6), (9), (12). Дифференциальные уравнения этого вида движения имеют вид (13). Рассматриваемый характер движения сохраняется до возникновения условий для жёсткого соединения каких-либо масс силами трения.

$$\left. \begin{aligned} m_1\ddot{x}_1 + c_{01}x_1 - c_{12}(x_2 - x_1) - c_{13}(x_3 - x_1) = \\ = -F_{01}\text{sign}\dot{x}_1 + F_{12}\text{sign}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + F_{13}\text{sign}(\dot{x}_3 - \dot{x}_1); \\ m_2\ddot{x}_2 + c_{12}(x_2 - x_1) - c_{23}(x_3 - x_2) = \\ = -F_{12}\text{sign}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + F_{23}\text{sign}(\dot{x}_3 - \dot{x}_2); \\ m_3\ddot{x}_3 + c_{13}(x_3 - x_1) + c_{23}(x_3 - x_2) = \\ = -F_{13}\text{sign}(\dot{x}_3 - \dot{x}_1) - F_{23}\text{sign}(\dot{x}_3 - \dot{x}_2). \end{aligned} \right\} (13)$$

Порядок расчётов по приведенным уравнениям может быть принят следующим:

а) по формулам (1), (4), (7), (10) определяется характер движения на его начальном этапе;

б) по выявленному характеру движения производится интегрирование соответствующих уравнений при начальных условиях: $t = 0$, $x_1(0) = x_2(0) = x_3(0) = 0$, $\dot{x}_1(0) = \dot{x}_2(0) = \dot{x}_3(0) = x_0$. Интегрирование ведётся до тех пор, пока соблюдаются условия, соответствующие этому характеру движения;

в) при нарушении характера движения используется другая, соответствующая этому нарушению, система уравнений и производится её интегрирование при начальных условиях, равных значениям параметров в конечный момент предыдущего этапа. Интегрирование производится, пока не нарушатся условия, определяющие характер движения на рассматриваемом этапе;

г) работы по п. «в» продолжаются до прекращения роста значений x_1 ; $(x_3 - x_1)$; $(x_2 - x_1)$;

д) проверяется соответствие максимальных величин полученных относительных перемещений x_1 ; $(x_3 - x_1)$; $(x_3 - x_2)$; $(x_2 - x_1)$ заданным конструктивным ограничениям (указанные перемещения не должны превышать допускаемых значений). Если это условие не выполняется, то либо рассматриваемый расчётный вариант, определяемый сочетанием параметров системы и скорости соударения, признается неприемлемым (не удовлетворяющим ограничениям), либо решается вопрос об учёте собственной упругости масс сцепа;

е) в случае удовлетворения полученных относительных перемещений установленным ограничениям максимальные значения усилий, характеризующих повреждаемость груза, определяются из формул

$$\left. \begin{aligned} N_{13m} = \max \left[\frac{1}{2}(x_3 - x_1) + F_{13} \right]; \\ N_{23m} = \max \left[\frac{1}{2}(x_3 - x_2) + F_{23} \right]. \end{aligned} \right\} (14)$$

По изложенной методике были проведены расчеты по определению динамических воздействий на перевозимый длинномерный груз при соударении сцепа с неподвижной преградой. Для расчета было принято: $m_1 = m_2 = 2,2 \cdot 10^4$ кг (что соответствует массе порожней четырехосной платформы); $m_3 = 12,02 \cdot 10^4$ кг (соответствует примерно полному использованию грузоподъемности двух платформ); $c_{01} = c_{12} = 8,5$ МН/м (соответствует жёсткости двух последовательно работающих поглощающих аппаратов автосцепки); $F_{01} = F_{12} = 0,2$ МН (соответствует предварительной затяжке поглощаемого аппарата); $v_0 = 2$ м/с (примерно соответствует перспективной норме скорости соударения).

Допускаемые значения относительных перемещений (зазоры в связях) принимались равными: $[x_1] = [x_2 - x_1] = 0,15$ м (примерно соответствует удвоенному ходу поглощающего аппарата с учетом зазоров и деформаций жёстких тел); $[x_3 - x_1] = [x_3 - x_2] = 0,5$ м.

Расчёт с использованием программы интегрирования дифференциальных уравнений методом Рунге – Кутты четвёртого порядка. Рассматривались четыре комбинации коэффициентов трения: $\mu_{13} = \mu_{23} = 0,1$; $\mu_{13} = \mu_{23} = 0,3$; $\mu_{13} = \mu_{23} = 0,5$; $\mu_{12} = 0,1$; $\mu_{23} = 0,55$.

Проверка выполнения условий (1), (4), (7), (10) показала, что движение сцепа в начальный момент соударения при всех сочетаниях коэффициентов трения между грузом и платформами, кроме первого (при $\mu_{13} = \mu_{23} = 0,1$), начинается с совместного движения всех трёх масс. При первом сочетании указанных коэффициентов платформы 1 и 2 начинают двигаться совместно, а груз относительно их проскальзывает. Результаты расчёта по определению относительных перемещений элементов системы и усилий N_{13} и N_{23} с учётом ограничений по зазорам в ТКУ и поглощающих аппаратах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчётов

Варьируемые параметры, МН				Относительные перемещения, м			N_{13} , МН	N_{23} , МН
c_{13}	c_{23}	F_{12}	F_{23}	x_1	$x_3 - x_1$	$x_3 - x_2$		
0	0,5	0,06	0,06	–	>>0,500*	>>0,500*	–	–
		0,18	0,18	0,129	0,509*	0,509*	0,18	0,4194
		0,30	0,30	0,144	0,380	0,380	0,30	0,4634
		0,06	0,33	0,118	0,508*	0,508*	0,05	0,5615
	4	0,06	0,06	0,117	0,378	0,268	0,06	1,1320
		0,18	0,18	0,130	0,306	0,211	0,18	1,0235
		0,30	0,30	0,144	0,255	0,161	0,30	1,0446
		0,06	0,33	0,118	0,320	0,206	0,0	1,15
0,5	0,5	0,06	0,06	–	>>0,500*	>>0,500*	–	–
		0,18	0,18	0,131	0,437	0,396	0,39	0,37
		0,30	0,30	0,146	0,326	0,279	0,46	0,4396
		0,06	0,33	0,120	0,431	0,382	0,27	0,5211
4	4	0,06	0,06	>>0,150*	–	–	–	–
		0,18	0,18	>>0,150*	–	–	–	–
		0,30	0,30	>>0,15	–	–	–	–
		0,06	0,33	–	–	–	–	–
8	8	0,06	0,06	>>0,150*	–	–	–	–
		0,18	0,18	>>0,150*	–	–	–	–
		0,30	0,30	>>0,150*	–	–	–	–
		0,06	0,33	>>0,150*	–	–	–	–

* Не удовлетворяет ограничениям по зазорам в поглощающих аппаратах или ТКУ.

Как видно из полученных данных, рациональная схема Получено 10.10.2016.

S. M. Vasilyeu, A. D. Zheleznyakov, L. P. Tselkovikova. Modelling of collisions of the cfrs in the olny friction in the supports of the loolol.

Simulation collisions at dry friction in the bearings shipping goal. Available results of theoretical studies of long cargo movements carried on to mate two railway platforms equipped turnstile-fastening devices (TAS), as well as the forces acting on the cargo by the TAS.

ТКУ должна обеспечивать минимальную жёсткость на первой по ходу движения платформе и жёсткость, подбираемую исходя из ограничений по зазорам в ТКУ и поглощающих аппаратах, на задней платформе. Такое сочетание должно сохраняться независимо от направления при ударе. Наименьшие силы удара, действующие на груз, возникают при средних значениях коэффициентов трения в ТКУ. Эти выводы могут быть уточнены путём оптимизации упругих и демпфирующих параметров с применением методов математического программирования.

Список литературы

- 1 Размещение и крепление грузов в вагонах / А. Д. Малов [и др.]. – М. : Транспорт, 1980. – 328 с.
- 2 Исследование с помощью ЦВМ нагрузок, действующих на вагоны и амортизированные грузы при соударении сцепов и пуске в ход грузовых поездов / Л. А. Манашкин [и др.] // Проблемы механики наземного транспорта : тр. ДИИТа. Вып. 199/25. – Днепропетровск, 1978. – С. 87–93.
- 3 **Никольский, Л. Н.** Амортизаторы удара подвижного состава / Л. Н. Никольский, Б. Г. Кеглин. – М. : Машиностроение, 1986. – 144 с.
- 4 Совершенствование способов размещения и крепления грузов в вагонах / под ред. А. Д. Малова. – М. : Транспорт, 1970. – 136 с.
- 5 **Спиридонов, Б. К.** Аналитическое определение динамических силовых характеристик катковых опор турникетно-крепёжных устройств / Б. К. Спиридонов, А. Д. Железняков. – Гомель : БелИИЖТ, 1982. – 14 с. Деп. в ЦНИИТЭМ МПС, 1982, № 2094.
- 6 **Спиридонов, Б. К.** Применение подвижных турникетно-крепёжных устройств для перевозки длинномерных строительных конструкций железнодорожным транспортом / Б. К. Спиридонов, А. Д. Железняков, Л. П. Целковикова. – Гомель : БелИИЖТ, 1982. – 13 с. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 1982, № 2093.
- 7 **Васильев, С. М.** Параметры подвижных турникетно-крепёжных устройств для перевозки длинномерных грузов на железнодорожном подвижном составе : дис. ... канд. техн. наук / С. М. Васильев; Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2011.

УДК 621.226:629.424

А. Д. ЖАЛКИН, аспирант, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков

АКТИВАЦИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА

Исследование относится к области транспортного машиностроения, а именно к конструкции гибридных (комбинированных) силовых установок (ГСУ) тягового подвижного состава, оборудованного гидравлической передачей мощности и направлено на исключение из работы ДВС на режимах с низкой топливной экономичностью и высокой токсичностью отработанных газов.

Предложена схема гибридной силовой установки с пневматическим аккумулятором, энергоносителем которой являются выхлопные газы, сжатые до высокого давления.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) не приспособлены к работе в качестве силовой установки транспортных средств. На режимах холостого хода и малых нагрузках двигатель имеет высокие удельные расходы топлива, вызванные нестабильной работой топливной аппаратуры и агрегатов наддува, низким качеством рабочего процесса [1]. Значительными по времени продолжительности работы транспортных двигателей, в т. ч. дизель-поездов, являются неустановившиеся процессы, вызывающие повышенный расход топлива и повышенный выброс оксидов с отработанными газами (ОГ).

Особенностью эксплуатации дизель-поездов пригородного движения является наличие частых остановок с расстоянием между ними от 3 до 10 км, что вызывает значительное время работы двигателя на холостом ходу, малой (не номинальной) мощности, на неустановившихся режимах [2]. Следует отметить, что недостатками существующих конструкций дизель-поездов является то, что при коротких пробегах и частых остановках на железнодорожных станциях дизельные двигатели большую часть времени работают на ненормальных режимах и холостом ходу, которые являются неэкономичными и неэкологичными режимами. На этих режимах работы двигатели имеют повышенный расход топлива, дымность (особенно при трогании с места) и шумность.

Концентрация вредных веществ из систем питания топливом, смазки, вентиляции картерных и отработанных газов двигателей в городах стоянки (например, на вокзалах) создает экологическую опасность пассажирам и обслуживающему персоналу. При передвижении в пригородной зоне и в городах дизель-поезда создают вредное воздействие на окружающую среду выбросами двигателей и шумом [3]. Поэтому, уменьшение расхода топлива и выбросов вредных веществ дизель-поездами в пригородном движении является актуальной задачей.

В настоящее время традиционные поршневые двигатели почти исчерпали резервы увеличения мощности, так как это требует увеличения массы, габаритов и давления наддува в несколько раз, а кривошипно-шатунный механизм также не имеет резервов. Поэтому в настоящее время в мире создаются гибридные (комбинированные) силовые установки (ГСУ), которые дают возможность применять на транспортном средстве (ТС) двигатели меньшей мощности, снизить расход топлива на 20–30 % и до 30 % выбросы вредных веществ, а также делают возможным аккумуляцию тормозной

энергии при движении на уклонах и выбеге (холостом ходу) [4]. При применении ГСУ стремятся к тому, чтобы сгорание топлива происходило около расчетных режимов с постоянной мощностью и минимальным временем неустановившихся режимов.

Для повышения экономичности и уменьшения влияния отработанных газов (ОГ) на окружающую среду и население разработаны гибридные и комбинированные силовые установки (ГСУ) в виде комбинации нескольких двигателей, работающих на различных физических принципах (применение накопителей энергии, рабочего тела в виде воздуха, пара, жидкости и т. п.).

Наибольшее применение ГСУ имеют на автомобильном транспорте, где накопители энергии состоят из аккумуляторных батарей, электрохимических конденсаторов, используется альтернативное топливо [5]. Силовая установка гибридного автомобиля, как правило, включает в себя помимо основного двигателя вспомогательный двигатель и контур рекуперации энергии, притом основной и вспомогательный двигатели питаются от источников различных типов. При большом количестве комбинаций агрегатов для аккумуляции и преобразования энергии на автотранспорте наибольшее применение имеют ГСУ с ДВС в качестве основного двигателя (первичный преобразователь энергии) и вспомогательного двигателя на базе электропривода и электрохимического накопителя энергии, например, аккумуляторной батареи (АБ). Кроме того, такие системы могут быть инерционными (маховик и механическая трансмиссия), пневматическими (пневмодвигатель и баллоны со сжатым воздухом), гидравлическими (гидромотор и насос) [4]. Сочетание ДВС и электродвигателя позволяет получить снижение расхода топлива и выбросов токсичных веществ в атмосферу, но АБ имеет малый срок эксплуатации и, что особенно важно, сложную и дорогую утилизацию.

На железнодорожном транспорте гибридные силовые установки (ГСУ) применяются с накопителями энергии, состоящие из аккумуляторных батарей, электрохимических конденсаторов (компании Alstom, GE, Hitachi, Брянский машиностроительный завод РФ и другие), а также многодизельные тепловозы [6, 7]. Серийно изготавливаются тяговые агрегаты (дизель-электровозы) с электрической передачей мощности в составе электровоза управления, дизельной секции и грузового думпкара, которые применяются в карьерах металлургических комплексов. В Российской Федерации построены маневровый локомотив с гибридной

силовой установкой ЛГМ1 (мощность дизель-генератора – 60 кВт, накопитель на кислотных аккумуляторных батареях – 203 кВт), маневровый тепловоз с комбинированной гибридной силовой установкой ТЭМ35 (мощность – 571 кВт, накопитель на электрохимических конденсаторах емкостью 22,7 МДж), маневрово-вывозной тепловоз с гибридным тяговым приводом ТЭМ9Н «SinaraHybrid» (мощность – 630 кВт, накопитель на литий-железо-фосфатных (LiFePO_4) аккумуляторах и суперконденсаторах мощностью 252 кВт), маневровый тепловоз с гибридной силовой установкой ТЭМ31Г мощностью 294 кВт. Автономный ТПС железных дорог, на котором применено ГСУ, имеет электрическую передачу мощности, поэтому, как правило, на тепловозах применяют накопители электроэнергии и тяговые аккумуляторные батареи. Но рабочей жидкостью гидропередач маневровых тепловозов промышленного транспорта и дизель-поездов является масло, с помощью которого крутящий момент от первичного двигателя (ДВС) передается на движущие колесные пары. Поэтому действующие ГСУ автомобилей и тепловозов с электропередачей мощности с накопителями электроэнергии и АБ невозможно применять на дизель-поездах и тепловозах с гидропередачей мощности [8].

Актуальность проблемы определяется в уменьшении расхода топлива и вредных выбросов ТПС железных дорог, оборудованных гидравлическими передачами мощности (маневровые тепловозы, дизель-поезда и рельсовые автобусы), за счет сокращения времени работы на малых (не номинальных) нагрузках и холостом ходу.

Цель исследования – сформулировать требования и предложить схемы конструктивного решения гибридной (комбинированной) силовой установки ТПС железных дорог с гидравлической передачей мощности.

Комбинированные силовые установки автотранспортного средства (АТС) [9] содержат два двигателя, использующих различные источники энергии – двигатель внутреннего сгорания (ДВС) и пневмодвигатель. Энергоносителем в пневмосистеме является сжатый до высокого давления (5–30 МПа) воздух, который сохраняется в пневмобаллонах при температуре окружающей среды. Воздух, поступающий из баллона, дросселируется в редукторе высокого давления до рабочего давления 0,6–1,5 МПа со значительным снижением температуры ниже температуры окружающей среды.

Для повышения КПД пневмодвигателя и энергетической активности сжатого воздуха его подогревают в дополнительном теплообменнике до уровня свыше 70–80 °С, при этом горячим теплоносителем, который подогревает сжатый воздух, служит жидкость системы охлаждения ДВС. Во втором теплообменнике, расположенном в приемной трубе глушителя ДВС, рабочее тело может нагреваться до температуры от 350 до 450 °С.

Такое решение позволяет получить снижение расхода топлива и выброса токсичных веществ в окружающую среду, утилизирует часть тепловой энергии отработанных газов для подогрева воздуха до его поступления в пневмодвигатель, однако имеет ряд недостатков. Расположение теплообменника в приемной трубе глушителя приведет к появлению дополнительного сопротивления отработанных газов, закоксовыванию и загрязнению газозвдушного тракта, уменьшает расход

воздуха. В то же время отношение давления наддува P_s к давлению в выпускном коллекторе $P_T(P_s/P_T)$ является важным параметром, влияющим на экономичность работы ДВС. Снижение отношения P_s/P_T четырехтактных дизельных двигателей (например, двигателей дизель-поездов типа ДР1) приводит к увеличению насосных потерь, снижению коэффициентов наполнения и избытка воздуха, падению эффективного КПД, росту удельного эффективного расхода топлива, снижению моторесурса и, возможно, к возникновению помпажа турбокомпрессора, увеличению температуры отработанных газов [1]. Кроме того, расположение теплообменника в приемной трубе глушителя требует дополнительных затрат на очистку теплообменника от нагара и сажевых отложений.

Накачка воздуха в пневмобаллоны автономным компрессором требует дополнительного расхода топлива на режимах работы двигателя, и не обязательно экономичных, а только по сигналу о наличии воздуха в баллонах. Третий вал планетарного механизма трансмиссии связан с ведущими колесами АТС и автономным компрессором, который имеет постоянный механический привод за время работы ДВС и движения АТС. Это приводит к неэффективному расходу топлива на привод компрессора и увеличению количества ВГ, дополнительному износу его деталей при работе на холостом ходу. В отопительный период вагонов дизель-поезда теплота системы охлаждения дизеля и котла используется, как правило, только для отопления салонов и подогрева топлива.

По этим причинам эффективность предложенной комбинированной силовой установки с компрессором и двумя теплообменниками, которыми дважды предполагается подогревать сжатый воздух теплотой сгорания и охлаждающей жидкости ДВС, будет значительно снижена. Кроме того, большое количество дополнительных составляющих ГСУ (два планетарных механизма трансмиссии, два теплообменника, компрессор, пневмодвигатель, пневмобаллоны и прочее) усложняют конструкцию АТС и увеличивают расходы на техническое обслуживание и отбор мощности ДВС на собственные нужды.

Комбинированная силовая установка дизель-поезда [10] использует также различные источники энергии – ДВС, энергоносителем которого является углеводородное топливо, и пневмодвигатель, который конвертируется из ДВС в пневмодвигатель, энергоносителем которого является рабочее тело, поступающее из пневмобаллонов, которые наполняются автономным свободнопоршневым дизель-компрессором (СПДК) и подогревается в теплообменнике для поднятия температуры воздуха до уровня, близкого к температуре окружающей среды, при этом теплоносителем для подогрева служит атмосферный воздух. Возможно применение для подогрева воздуха после дросселирования до 70–80 °С тепла жидкости системы охлаждения ДВС и котла отдельно, кроме времени отопительного периода пассажирских вагонов.

Совершенствование достигается исключением из состава ГСУ второго источника энергии в виде пневмодвигателя, который планетарным механизмом трансмиссии связан с ведущим мостом. В качестве пневмодвигателя (второго источника энергии) используется штатный ДВС, на

который устанавливается оборудование как для пневмозапуска, при котором коленчатый вал вращается под действием сжатого воздуха, подаваемого в цилиндры дизеля во время такта расширения с выключенной подачей топлива. Крышки цилиндров традиционного ДВС оборудуются пусковыми клапанами, которые подключаются к баллонам со сжатым воздухом главным (маневровым) пусковым клапаном, т.е. двигатель становится конвертируемым (расширительной пневматической машиной) [11]. Давление воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя из пневмоаккумуляторов, должно быть ниже максимального давления сгорания.

Второй отличительной особенностью является применение свободнопоршневого дизель-компрессора (СПДК) для пополнения пневмоаккумуляторов сжатым воздухом. Организация и условия протекания рабочего процесса СПД (рисунок 1) обеспечивают высокий коэффициент полезного действия (КПД) и динамические показатели при отсутствии дымления, вибраций и фундамента.

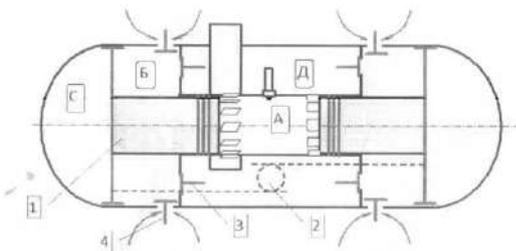


Рисунок 1 – Свободно поршневой генератор газов (расчетная схема):

А – цилиндр сгорания; Б – компрессор; С – буфер; Д – ресивер;
1 – поршень; 2 – реечный механизм; 3 – нагнетательный клапан;
4 – впускной клапан

Среднее индикаторное давление в цилиндре сгорания, соответствующее режиму генерации газов P_i , МПа,

$$P_i = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \frac{P_a}{z_m T_a (1 + \gamma)} \frac{\varphi_k T_0}{z_k} \frac{m_1}{m - 1} \left[\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{m_i - 1}{m_i}} - 1 \right], \quad (1)$$

где ϵ – степень сжатия; η_m – механический КПД; γ – коэффициент остаточных газов; φ_k – коэффициент продувки; η_k – КПД компрессора.

Коэффициент избытка воздуха генераторного режима может быть найден по формуле

$$\alpha = \frac{\xi H_u}{L_0 (1 + \gamma) (\mu V_{ch} - (m_{cyc} T_c - 1,985 \lambda_z) T_c)}, \quad (2)$$

где ξ – коэффициент эффективного тепловыделения; μ – коэффициент молекулярного изменения состава газов; V_{ch} – часовой расход топлива; λ_z – степень повышения давления при сгорании; H_u – низшая теплотворная способность топлива; m_{cyc} – средняя удельная теплоемкость воздуха.

По известному коэффициенту избытка воздуха генераторного режима производят тепловой расчет генератора со свободно движущимися поршнями.

На длительных режимах холостого хода СПД имеют расход топлива в 30–35 раз меньше, по сравнению с тепловозным дизелем или дизелями дизель-поезда, и практически отсутствуют неустановившиеся режимы [12]. СПДК является лучшим двигателем для создания пневматического аккумулятора с использованием в качестве рабочего тела сжатого воздуха и обеспечения давления воздуха в размере 7–40 МПа.

Несмотря на более высокий КПД и упрощение конструкции ГСУ дизель-поезда [10] по сравнению с ГСУ АТС [9], такая система не обеспечивает достаточную активацию сжатого воздуха и его температуру, что вызывает дополнительное термическое напряжение деталей цилиндрико-поршневой группы при переходе конвертированного ДВС с пневмодвигателя на режимы работы традиционного ДВС.

На рисунке 2 в виде блочной схемы представлена предложенная ГСУ дизель-поезда.

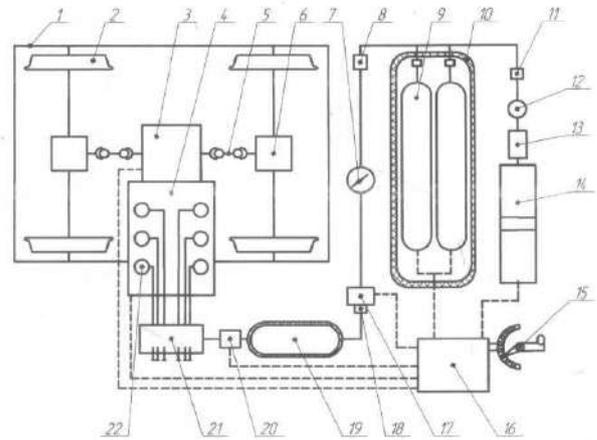


Рисунок 2 – Гибридная силовая установка дизель-поезда с активацией рабочей смеси пневмоаккумулятора:

1 – рама тележки; 2 – движущая колесная пара; 3 – гидропередача; 4 – ДВС; 5 – карданный вал; 6 – осевой редуктор; 7 – электротермометр; 8 – газовой редуктор высокого давления; 9 – пневмобаллон с предохранительным клапаном; 10 – теплоизолированный контейнер; 11 – электромагнитный обратный клапан высокого давления; 12 – уловитель ТЧ; 13 – катализатор ОГ; 14 – СПГГ; 15 – контроллер машиниста; 16 – электронный блок управления; 17 – электронный регулятор давления; 18 – электропневматический клапан регулятора; 19 – термоизолированный ресивер; 20 – главный (маневровый) пусковой клапан; 21 – воздухораспределитель; 22 – пусковые пневматические клапаны

Неограниченное передвижение дизель-поезда при наличии сжатого воздуха в баллонах может обеспечиваться бортовым источником сжатого воздуха в виде автономного свободнопоршневого генератора газа (СПГГ), который значительно экономичнее традиционных ДВС, простой в эксплуатации и ремонте. СПГГ позволяет сжать воздух до нужного значения, которое обеспечивает трогание дизель-поезда с места и необходимую скорость движения, которая задается контроллером машиниста.

В пневмоаккумуляторы (баллоны) вместо воздуха закачиваются отработанные выхлопные газы, которые производятся СПГГ и имеют температуру 400–500 °С, что приводит к энергетической активности сжатой смеси прежде, чем последняя поступит в пневмодвигатель, который сконвертирован из штатного ДВС.

Закачка в баллоны отработанных выхлопных газов, которые производит СПГГ с высокой температурой, исключает из состава ГСУ два теплообменника, которыми подогревался сжатый воздух перед подачей в пневмодвигатель теплотой сгорания и системой охлаждения ДВС, механический компрессор [9]. При этом исчезает проблема нарушения расчетного отношения P_s/P_T . Для предупреждения загрязнения пневмосистемы выхлопные газы после СПГГ проходят нейтрализацию продуктов сгорания катализаторами и фильтрацию ловушками твердых частиц (ТЧ).

Для сохранения температуры закаченной смеси (выпускных газов СПГГ и остатков наддувочного воздуха)

баллоны размещают в термоизолированном контейнере, а внешняя поверхность ресивера, сглаживающего пульсации давления, которые возникают вследствие неравномерного поступления смеси в цилиндры пневмодвигателя, сконвертированного с ДВС, имеет термоизоляцию.

Согласованность работы ДВС – пневмодвигателя и СПГГ обеспечивает электронный блок управления 16, который получает информацию о тяговом усилии ГСУ, поступающей от контроллера машиниста 15 и от датчиков, регистрирующих режимы работы каждого из элементов пневмосистемы и наличие сжатого воздуха в пневмобаллонах 9.

Управление работой элементов ГСУ осуществляется в следующей последовательности. При приближении дизель-поезда к остановке (вокзала или пункта остановки) машинист на определенном расстоянии (например, в 1 км) выключает двигатель 4, который был тяговым, и дополнительным контактом контроллера машиниста 15 передает сигнал электронному блоку управления 16, который передает команду электронному регулятору давления 17 и его электропневмоклапану 18 на подачу сжатой смеси (ОГ) к главному (маневровому) пусковому клапану 20, и дальше воздухораспределитель 21 направляет воздух к пусковым пневматическим клапанам 22.

С момента вращения коленчатого вала гидропередача 3 из режима смазывания (холостого хода) переходит в режим нагрузки и передает крутящий момент колесным парам 2. Дальнейшее движение дизель-поезда продолжается сконвертованным в пневмодвигатель штатным двигателем. При остановке дизель-поезда от действия штатного пневматического тормоза гидропередача 3 выключается по сигналу ее датчика, электронный блок управления 16 через электронный регулятор давления 17 останавливает подачу сжатой смеси (ОГ). Начало движения дизель-поезда после стоянки осуществляется также по сигналу контроллера машиниста 15 электронному блоку управления 16, и действие пневмосистемы ГСУ повторяется, как это было до остановки с той разницей, что гидропередача 3 сразу начинает работу в режиме нагрузки. После удаления от стоянки (например, вокзала) на определенное расстояние (например, в 1 км) машинист включает двигатель моторного вагона, движущегося вперед, и устанавливает позицию контроллера машиниста 15 в соответствии со скоростью движения дизель-поезда (по показаниям штатного скоростемера). Одновременно отключается электронным блоком управления пневмосистема обеспечения сжатой смесью (ОГ) пневмодвигателя, который становится традиционным ДВС.

Пополнение сжатой смеси ОГ пневмосистемы ГСУ осуществляется автономным СПГГ 14 по команде электронного блока управления 16 по сигналу от пневмобаллонов 9. СПГГ 14 работает независимо от работы двигателя / пневмодвигателя 4, как правило, вне стоянки. Для обеспечения движения дизель-поезда в крупных городах, где время работы сконвертованного двигателя в режиме пневмодвигателя значительно увеличивается, количество пневмобаллонов может корректироваться после испытаний на таких участках. Топливом СПГГ обеспечивается штатной топливной системой дизель-поезда.

Поставленная задача на разработку ГСУ более экономичной и экологической для дизель-поездов решена созданием гибридной ГСУ, которая использует различные источники энергии – энергию углеводородного топлива и энергию сжатой смеси ОГ. Оба вида энергии используются

одним и тем же двигателем, работающим в зависимости от потребности как традиционный ДВС на углеводородном топливе или как пневмодвигатель, питающийся от баллонов со сжатой смесью ОГ. В баллонах сжатая смесь ОГ пополняется автономным СПГГ, который имеет лучшие экономические и экологические показатели по сравнению с традиционным ДВС. Накачка пневмосистемы ГСУ вместо воздуха отработанными газами (смесью продуктов сгорания и остатками наддувочного воздуха с температурой 300 – 400 °С) исключает подогрев смеси ОГ после дросселирования, при этом в конструкции ГСУ отсутствуют теплообменники. Для конвертации ДВС в пневмодвигатель он оборудуется пневматическими пусковыми клапанами, а переход от ДВС к пневмодвигателю и обратно выполняется по команде контроллера машиниста. В результате есть возможность исключить работу ДВС на режимах с низкой топливной экономичностью и высокой токсичностью отработанных газов, снизить расход углеводородного топлива и вредное воздействие этих газов на окружающую среду, особенно на территориях вокзалов и крупных городов, упростить конструкцию ГСУ дизель-поезда, уменьшить расходы на техническое обслуживание.

Математическая модель дизель-поезда может быть описана уравнением

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_c, \quad (3)$$

где J – момент инерции, $J = mR_k^2$; ω – угловая скорость, $\omega = v / R_k$ – тяговый момент на колесе дизель-поезда; M_c – момент сопротивления движению; R_k – радиус колеса; m – масса дизель-поезда; v – скорость движения дизель-поезда, $v = 3,6\omega R_k$.

В качестве исходных данных были использованы тяговые характеристики дизель-поезда, а также исходные данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики дизель-поезда

Показатели	Дизель-поезд ДР1А
Состав дизель-поезда	М+4П+М
Конструкционная скорость, км/ч	120
Масса дизель-поезда, т	261
Нагрузка на ось, т:	
тележка моторного вагона	18,5±3 %
поддерживающая тележка вагона	16
прицепного вагона	11,5

Определение тягового момента M_T в процессе движения дизель-поезда выполнялось согласно уравнению

$$M_T = F_K(v)R_k, \quad (4)$$

где $F_K(v)$ – тяговая характеристика гидропередачи.

Определение момента сопротивления M_c в процессе движения выполнялось согласно уравнению

$$M_c = iR_k W_0 G_H, \quad (5)$$

где i – коэффициент уклона пути (для горизонтального участка $i = 1$); W_0 – коэффициент сопротивления движению; G_H – коэффициент дополнительного сопротивления от кривой.

На данной модели были проведены исследования динамических характеристик дизель-поезда с ГСУ. В случае дизель-поезда массой 261 т тяговый расчет показывает, что дизель-поезд разгоняется до скорости 100 км/ч за 4,1 мин и проходит при этом расстояние 4,8 км. Для обеспечения

данного режима необходимо 2–3 пневматических баллона вместимостью 400 дм³ соответственно с давлением 25–32 МПа. Отсутствие вибрации и малая высота агрегатов позволяют размещать ВПДК под вагоном дизель-поезда, увеличивая количество пассажирских мест. Максимальное ускорение дизель-поезда с ГСУ на горизонтальном участке пути составило 0,6 м/с².

Перспектива дальнейших исследований состоит в том, чтобы применить разработанную ГСУ на маневровых тепловозах промышленного транспорта, оборудованных гидрорепердачей мощности, которые эксплуатируются в закрытых помещениях металлургических комплексов, логистических центрах и др. Это позволит исключить затраты на вентиляцию от задымленности и уменьшить шумовую нагрузку работающего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Симеон, А. Э. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания / А. Э. Симеон, А. З. Хомич, С. Г. Жалкин. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1987. – 536 с.

2 Басов, Г. Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниц України : [монографія] / Г. Г. Басов. – Харків: Аспект, 2004. – 240 с.

3 Марченко, А. П. Двигуни внутрішнього згорання : Серія підручників у 6 томах. Т. 5. Екологізація ДВЗ / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов. – Харків : НТУ «ХПІ», 2004. – 360 с.

4 Петров, П. П. Комбинированные энергетические установки для железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] / П. П. Петров. – Режим доступа: <http://www.ckip.pro/stati/kcugt.pdf>. – Загл. с экрана. – Дата доступа : 16.10.2014.

5 Гібридні автомобілі / О. В. Бажинов [та інш.] – Харків: Крок, 2008. – 327 с.

6 Щербаков, В. Т. Маневровые локомотивы с комбинированной (гибридной) силовой установкой / В. Т. Щербаков, Л. М. Бондаренко, Ю. П. Ерохин // Локомотив. – 2011. – № 8. – С. 33–36.

7 Михеев, С. А. Маневровый тепловоз с энергосберегающей силовой установкой [Электронный ресурс] / С. А. Михеев, Н. М. Найш. – Режим доступа: [http://dspace.sriu.c\(lu.iut:8t>80/ispui/bitstrcaiTi/123456789/454/22/Micheev.pdf](http://dspace.sriu.c(lu.iut:8t>80/ispui/bitstrcaiTi/123456789/454/22/Micheev.pdf). – Загл. с экрана. – Дата доступа : 11.09.2014.

8 Овчинников, В. М. Гидравлические передачи тепловозов : учеб. пособие / В. М. Овчинников, В. А. Халиманчик, В. В. Невзоров. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 155 с.

9 Пат. на корисну модель 82136 Україна, МПК В60К 6/00. Комбінована силова установка автотранспортного засобу / Ф. І. Абрамчук, В. М. Манойло, С. С. Жиліш, А. І. Харченко, О. І. Воронков, Г. М. Шютченко, М. С. Липинський, Л. В. Разарьонов; заявник іпатентовласник Харк. нац. автомоб.-дорож. універ. – u201300167; заявл. 03.01.13; опубл. 25.07.13, Бюл. №14. – 6 с.

10 Пат. на корисну модель 93282 Україна, МПК В60К 5/00. Комбінована силова установка дизель-поезда / О. Д. Жалкіш, С. Г. Жалкін, Д. С. Жалкін, С. П. Карлов, А. М. Кравець, С. В. Михалюв, В. Г. Пузир, Т. Г. Крамчанін; заявник іпатентовласник Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – u201404091; заявл. 16.04.14; опубл. 25.09.14, Бюл. № 18. – 8 с.

11 Дизели : справочник / Б. П. Байков [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 480 с.

12 Двигатели внутреннего сгорания : Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей : учеб. для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / В. П. Алексеев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.

Получено 10.10.2016

A. D. Zhalkyn. Activation of fuel mixture hybrid power plant in diesel train.

The study relates to the field of transport engineering, namely to the design of a hybrid (combined) power units (GSU) traction rolling stock equipped with a hydraulic power transmission and is aimed at excluding from the operation of the internal combustion engine in modes with low fuel efficiency and high toxicity of exhaust gases.

The article includes scheme of the hybrid power plant with a pneumatic accumulator energy source, where the exhaust gases are compressed, to a high pressure.

УДК 629.782.519.711

В. Н. ПАНЧЕНКО, кандидат технических наук доцент, А. Ю. БАЛАКИН, кандидат технических наук доцент Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Российская Федерация

ОПТИМИЗАЦИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЕЙ

Предложена оценка эффективного эксплуатационного расхода топлива с учетом массы тепловоза и его сопротивления движению. Приведен вывод целевой функции, которая представляет собой дифференциальное уравнение в частных производных, для определения экстремального значения КПД перевозочной работы. Представлена математическая модель для оценки качества работы топливоподающей аппаратуры. Математическая модель позволяет установить связь между особенностями протекания гидродинамических процессов и основными конструктивными параметрами топливной аппаратуры.

Широкая программа экономического и социального развития страны требует большого количества сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов, добыча и перевозка которых обходятся все дороже. В связи с высокими энергозатратами промышленности и транспорта потребности в топливно-энергетических ресурсах непрерывно возрастают.

Железнодорожный транспорт является одним из самых крупных потребителей топливно-энергетических ресурсов; на его долю приходится более 18 % от общего потребления энергоресурсов всеми видами транспорта. Для пассажиро- и грузоперевозок железные дороги расходуются около 6 % всей произведенной электроэнергии и около 20 % топлива.

Затраты на проведение мероприятий по экономии топлива в 2–3 раза ниже затрат на его добычу и транспортировку к местам потребления.

Можно выделить две основные группы факторов, определяющих экономичность тепловозов, – конструктивные и эксплуатационные. Экономичность тепловозов, как и других транспортных средств, закладывается в процессе создания, а также зависит от условий эксплуатации, режимов работы, системы эксплуатационно-ремонтного обслуживания.

Основной задачей при оптимизации работы дизелей тепловозов является выбор и обоснование критерия качества или целевой функции. В большинстве исследований по оптимизации работы дизелей тепловозов в качестве критерия принимается минимум расхода топлива $W = B \Rightarrow \min$.

Предлагалось рассчитывать сравнительную эффективность тепловозной тяги и оценивать качество работы дизелей по удельному эффективному расходу топлива g_{em} в заданном режиме эксплуатации:

$$W = g_{em} = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ei} P_{ei} \tau_i}{\sum_{i=1}^n P_{ei} \tau_i} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где P_{ei} – эффективная мощность дизеля на i -й позиции контроллера; b_{ei} – удельный эффективный расход топлива при реализации P_{ei} на i -й позиции контроллера машиниста; τ_i – относительное время работы на i -й позиции; n – число позиций контроллера.

Эксплуатационный расход топлива по КПД тепловоза определяем как отношение суммарного расхода топлива к работе тепловоза на колесе:

$$W = g_{em}^* = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ei} P_{ei} \tau_i}{\sum_{i=1}^n P_{ki} \tau_i} \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где P_{ki} – мощность, реализуемая на ободу колес.

Чем выше КПД передачи и меньше затраты энергии в агрегатах, тем выше эффективность тепловоза. Переход от оценки дизеля к оценке тепловоза в целом абсолютно верен, однако нужно учесть и другие влияющие факторы: массу тепловоза и сопротивление движению [1, 2]. С учетом этих факторов критерий оценки имеет следующий вид:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} b_{ei} P_{ei} \tau_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{\tau i} \tau_i} \Rightarrow \min, \quad (3)$$

где $P_{\tau i}$ – мощность тяги на сцепном устройстве локомотива.

Мощность тяги зависит от позиции контроллера, скорости движения и полного сопротивления движению тепловоза:

$$P_{\tau i} = \sum_{j=1}^{j=m} P_{\tau j} \tau_j = \sum_{j=1}^{j=m} P_{ij} - P_{\tau pi} - P_{nij} - P_{vci} - P_{\tau ij} \Phi_j \quad (4)$$

Так как $\sum_{j=1}^{j=m} \tau_j = 1,$

$$P_{\tau i} = P_{ij} - P_{\tau pi} - P_{vci} - \sum_{j=1}^{j=m} P_{nij} + P_{\tau ij} \tau_j,$$

где P_{nij} – мощность потерь в тяговой передаче при работе на i -й позиции с j -й скоростью; m – число интервалов при учете скорости движения.

При j -й скорости мощность в режиме тяги

$$P_{\tau ij} = v_j M_n W_j^H,$$

где v_j – скорость движения; W_j^H – полное сопротивление движению локомотива с j -й скоростью; M_n – масса локомотива.

Максимум критерия будет достигнут при максимум КПД тепловоза на каждой позиции контроллера:

$$\frac{\partial \eta_{\tau i}}{\partial P_{ij}} = 0 \quad \text{при } \omega_i = \text{const}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

где P_{ij} – индикаторная мощность дизеля на i -й позиции контроллера.

Для простоты попробуем отыскать максимум КПД тепловоза для любой позиции контроллера, т.е.

$$\frac{\partial \eta_{ei}^*}{\partial P_i} = 0 \text{ при } \omega_i = \text{const}, i = 1, 2, \dots, n,$$

где n – число позиций контроллера управления тепловозом. Введем следующие обозначения:

$$\eta_m = \frac{P_i - P_{тр}}{P_i}, \quad \varepsilon_{вс} = \frac{P_i - P_{тр} - P_{вс}}{P_i - P_{тр}}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_{т} = \frac{P_i - P_{тр} - P_{вс} - P_{п}}{P_i - P_{тр} - P_{вс}}, \quad \varepsilon_{п} = \frac{P_i - P_{тр} - P_{вс} - P_{п} - P_{к}}{P_i - P_{тр} - P_{вс} - P_{п}}, \quad (7)$$

где η_m – механический КПД дизеля; $P_{тр}$ – мощность механических потерь в дизеле; $P_{вс}$ – мощность агрегатов тепловоза; $P_{п}$ – мощность потерь в тяговой передаче тепловоза; $P_{к}$ – мощность, затрачиваемая на перемещение тепловоза.

Учтем принятые обозначения и соотношение

$$\eta_{т} = \frac{P_i - P_{тр} - P_{вс} - P_{п}}{b_{т} H_u}, \quad (8)$$

где $b_{т}$ – расход топлива в 1 с.

При этом получим

$$\eta_{т} = \eta_i \eta_m \varepsilon_{вс} \varepsilon_{т}. \quad (9)$$

Максимуму КПД тепловоза будет соответствовать соотношение

$$\frac{\partial \eta_i}{\partial P_i} = -\eta_i \left(\eta_m^{-1} \frac{\partial \eta_m}{\partial P_i} + \varepsilon_{вс}^{-1} \frac{\partial \varepsilon_{вс}}{\partial P_i} + \varepsilon_{т} \frac{\partial \varepsilon_{т}}{\partial P_i} \right). \quad (10)$$

Так как частные производные слагаемых правой части равенства всегда положительны, максимум КПД тепловоза будет достигнут при отрицательном значении частной производной $\partial \eta_i / \partial P_i$. Это означает, что для повышения КПД тепловоза всегда выгодно работать при мощностях, превышающих мощности, соответствующие наибольшему индикаторному КПД дизеля.

$$\frac{\partial \eta_e}{\partial P_e} = -\eta_e \left(\frac{\partial \varepsilon_{вс}}{\partial P_e} \varepsilon_{вс}^{-1} + \frac{\partial \varepsilon_{т}}{\partial P_e} \varepsilon_{т}^{-1} \right), \quad (11)$$

где η_e , P_e – эффективный КПД и эффективная мощность дизеля.

На транспорте в качестве критерия применяется расход топлива на единицу перевозочной работы

$$W = \frac{B_{т}}{Qs} \Rightarrow \min, \quad (12)$$

где Q – вес состава; s – путь.

При заданном графике движения поездов на участке

с конкретным профилем пути произведение Qs является аналогом тяговой работы на сцепном устройстве тепловоза. Критерий W^{-1} с точностью до постоянной представляет собой КПД перевозочной работы.

$$W^{-1} = \frac{H_u}{w_k^H} \eta_{п} \Rightarrow \min, \quad (13)$$

где w_k^H – удельное сопротивление движению поезда при заданной скорости с учетом уклона пути.

Максимуму $\eta_{п}$ будет соответствовать соотношение

$$\frac{\partial \eta_{п}}{\partial P_i} = -\eta_i \left(\frac{\partial \eta_m}{\partial P_i} \eta_m^{-1} + \frac{\partial \varepsilon_{вс}}{\partial P_i} \varepsilon_{вс}^{-1} + \frac{\partial \varepsilon_{т}}{\partial P_i} \varepsilon_{т}^{-1} + \frac{\partial \varepsilon_{п}}{\partial P_i} \varepsilon_{п}^{-1} \right). \quad (14)$$

В свою очередь на экономичность и надежность работы дизелей в значительной мере влияет и качество смесеобразования, полноты и своевременности сгорания топлива в цилиндре. При выбранном способе смесеобразования на эффективность работы дизеля оказывает влияние процесс подачи топлива в цилиндр, т.е. качество работы топливopодающей аппаратуры.

При выборе основных соотношений элементов топливной аппаратуры необходимо учитывать особенности протекания в них гидродинамических процессов. Для современных дизельных систем топливopодачи раздельного типа, состоящих из ТНВД и форсунок, соединенных топливopроводом, протекание процессов впрыскивания определяется следующими тремя безразмерными соотношениями: относительной продолжительностью геометрического активного хода плунжера θ ; относительной объемной скоростью вытеснения топлива насосом N ; относительным геометрическим полезным объемом топлива, вытесняемым плунжером насоса, P .

При этом величина Θ представляет собой отношение продолжительности активного хода плунжера при полностью закрытых окнах втулки к углу, соответствующему периоду прохождения по нагнетательному трубопроводу импульса давления от насоса до форсунки (импульс давления распространяется в топливе со скоростью звука), т.е. $\Theta = \varphi_r / \varphi_l$.

Преобразуем приведенное соотношение. Для этого величину φ_l выразим через протяженность трубопровода L , скорость распространения звука в топливе a и частоту вращения вала топливного насоса n_n : $\varphi_l = L / a \cdot 6n_n$. Тогда $\Theta = \varphi_r a / 6n_n L$.

Для большинства существующих систем топливopодачи величина Θ не выходит за пределы 2–10. При изменении скоростного режима работы дизеля (его уменьшении) величина Θ может уменьшаться в 2–3 раза. Взяв отношение расхода топлива, вытесняемого из насоса за один ход плунжера, $G_n = f_n c_n \rho$ (f_n – площадь поперечного сечения плунжера, c_n – средняя скорость плунжера, ρ – плотность топлива), к расходу топлива, истекающего за это же время из форсунки, $G_\phi = \mu f_c \sqrt{2p_0 \rho}$ (μf_c – эффективное суммарное сечение сопловых отверстий; p_0 – давление начала подъема иглы форсунки), получаем

$$N = \frac{f_n c_n \sqrt{\rho}}{\mu f_c \sqrt{2 p_0}}. \quad (15)$$

Для существующих систем топливоподачи N лежит в пределах 0,5–3,0, и при уменьшении частоты вращения вала топливного насоса имеет тенденцию к снижению. Относительный геометрический полезный объем топлива P , вытесняемый топливным насосом, есть коэффициент, учитывающий уменьшение подаваемого объема за счет сжимаемости топлива

$$P = \frac{V_r}{\alpha V_{сж} p_0}, \quad (16)$$

где V_r – геометрический полезный объем насоса; α – коэффициент сжимаемости топлива; $V_{сж}$ – объем нагнетательной полости системы, включающей объем топлива в надплунжерном пространстве насоса, трубопроводе и в форсунке.

Для существующих систем топливоподачи характерны значения P , равные 2–10: при работе на режимах, близких к холостому ход, последние могут уменьшаться в 5–15 раз.

Обобщение результатов экспериментальных исследований процессов топливоподачи в широком диапазоне изменения величин Θ , N и P позволяет получить максимальные значения давления топлива в выполненных системах. Оценки показывают, что в зависимости от условий работы они лежат в пределах:

$$\frac{p_{\max}}{p_0} = 0,85(P+1) \quad \text{при } \Theta \leq 2; \quad (17)$$

$$\frac{p_{\max}}{p_0} = 0,85 \left(\frac{2P}{\Theta} + 1 \right) \quad \text{при } 2 \leq \Theta \leq 4; \quad (18)$$

$$\frac{p_{\max}}{p} = 1 + 0,5P \cdot 1,2\sqrt{N} - 1 \quad \text{при } 4 \geq \Theta. \quad (19)$$

На основе выражений (17)–(19) можно утверждать, что топливопровод между насосом и форсункой наиболее существенно влияет на протекание процесса топливоподачи. Ухудшение показателей впрыскивания зависит не только от длины нагнетательного канала между объемами в насосе и в форсунке, но и от размеров сечения канала, что делает желательным уменьшение размеров проходного отверстия в трубопроводе. Однако из-за уменьшения диаметра канала в трубопроводе возникают новые нарушения в протекании процесса впрыскивания вследствие повышенного гидравлического сопротивления потоку топлива. В результате повышается давление топлива в насосе и увеличиваются механические нагрузки на элементы привода насоса и детали плунжерной пары. При этом снижается давление в форсунке, что ухудшает качество распыливания, уменьшается кинетическая энергия топливных струй, вызывая снижение качества перемешивания топлива с воздушным зарядом в цилиндре, полноты сгорания и КПД рабочего цикла двигателя. В результате увеличивается скорость потока в нагнетательном канале и повы-

шения гидравлического сопротивления, помимо ухудшения соотношения давлений между насосом и форсункой, создаются предпосылки для повышенной диссипации энергии в потоке, увеличивающей температуру топлива. В топливных системах современных дизелей температура топлива по всей длине топливопровода повышается по мере форсирования систем топливоподачи по давлению впрыска. При этом значительно изменяются физические характеристики топлива. Повышение температуры топлива приводит к уменьшению его охлаждающей способности, а следовательно, к повышению уровня температур распылителя в зоне сопловых отверстий и направляющей иглы. Вследствие этого появляется склонность распылителя к нарушению нормальной работы ввиду закоксовывания отверстий распылителя или потери подвижности иглы [3].

Известны также случаи утраты подвижности плунжером топливного насоса во втулке и нагнетательного клапана в направляющей седла, связанные с нарушениями равномерности температурного поля этих прецизионных пар от воздействия обратного потока топлива в период отсечки при повышенных его температурах. Все многообразие возможных конструктивных и эксплуатационных вариантов работы топливной аппаратуры дизелей требует если не их оптимизации, то, во всяком случае, осмысления протекающих в них процессов. В настоящее время это достигается путем моделирования процессов с помощью ЭВМ. При этом естественно надо стремиться к использованию наиболее общих соотношений, базирующихся на фундаментальных законах физики.

Рассмотрим нестационарное движение жидкости в длинном канале. С целью упрощения струю жидкости будем считать плоской (пространственно двухмерной). Тогда для описания движения несжимаемой жидкости с постоянной плотностью можно использовать систему уравнений

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} \right); \quad (20)$$

$$\frac{\partial u_y}{\partial t} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} \right); \quad (21)$$

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0, \quad (22)$$

где x , y – продольная и поперечная координаты (ось x расположена вдоль канала, ось y – поперек); u_x , u_y – продольная и поперечная компоненты вектора скорости; p – давление; ρ – плотность жидкости; ν – кинематический коэффициент вязкости.

Рассмотрим также изотермическое неустановившееся движение несжимаемой жидкости в канале, когда $\rho = \text{const}$ и $\nu = \text{const}$. Даже в этом случае аналитическое решение системы (19) вызывает определенные трудности, поэтому упростим ее на основе оценки порядка величин членов, входящих в уравнения (20) и (21).

В качестве масштаба длин выберем половину расстояния между стенками канала h (продольная длина канала L значительно больше h), в качестве масштаба

скоростей – среднюю за период t_0 скорость жидкости в канале v , в качестве масштаба давления – величину ρv^2 , в качестве масштаба времени – период процесса t_0 .

Обозначим:

$$\bar{x} = x/h, \quad \bar{y} = y/h, \quad \bar{u}_x = u_x/v, \quad \bar{u}_y = u_y/v, \quad \bar{t} = t/t_0, \quad \bar{p} = p/\rho v^2. \quad (23)$$

Используя введенные безразмерные параметры, преобразуем уравнения (21)–(23):

$$\frac{v}{t_0} \cdot \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{t}} + \frac{v^2}{h} \left(\bar{u}_x \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{y}} \right) = -\frac{\rho v^2}{\rho h} \cdot \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}} + \frac{v^2}{h^2} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial \bar{y}^2} \right); \quad (24)$$

$$\frac{v}{t_0} \cdot \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{t}} + \frac{v^2}{h} \left(\bar{u}_x \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{y}} \right) = -\frac{\rho v^2}{\rho h} \cdot \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{y}} + \frac{v^2}{h^2} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial \bar{y}^2} \right); \quad (25)$$

$$\frac{v}{h} \cdot \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{x}} + \frac{v}{h} \cdot \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{y}} = 0. \quad (26)$$

Как видим, уравнение (26) отличается от уравнения (22) лишь масштабным множителем v/h . Разделим правую и левую части уравнений (24) и (25) на множитель v^2/h , при этом обозначим $h/vt_0 = Sh$, а $vh/v = Re$. Эти величины безразмерны. Их называют числами подобия. Как известно, Sh – число Струхала – мера отношения локального к конвективному ускорению в потоке; Re – число Рейнольдса – мера отношения ускорения потока к силам молекулярного трения в нем. Используя эти обозначения, перепишем уравнения:

$$Sh \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{t}} + \bar{u}_x \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{y}} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}_x}{\partial \bar{y}^2} \right); \quad (27)$$

$$Sh \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{t}} + \bar{u}_x \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{x}} + \bar{u}_y \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{y}} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{y}} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial \bar{x}^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}_y}{\partial \bar{y}^2} \right); \quad (28)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_x}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial \bar{u}_y}{\partial \bar{y}} = 0. \quad (29)$$

Так как все величины, входящие в систему (27)–(29), являются безразмерными, представляется возможным оценить их порядок, т.е. их удельную массу в каждом из уравнений. Вполне естественно, при $L > h$ продольные размеры в канале больше поперечных. Будем считать, что порядок продольных размеров – единичен; $\bar{x} = O(1)$, давление $\bar{p} = O(1)$, время $\bar{t} = O(1)$ и продольная скорость $\bar{u}_x = O(1)$.

При таком выборе следует считать, что все поперечные параметры (\bar{y} и \bar{u}_y) существенно меньше продольных

$$\bar{y} = O(\delta), \bar{u}_y = O(\delta), \text{ причем } \delta \leq 1.$$

Оценим порядок величин в уравнениях (13) и (14):

$$O \left[Sh \frac{1}{1} + 1 \frac{1}{1} + \delta \frac{1}{\delta} \right] = -O \left(\frac{1}{1} \right) + O \left[\frac{1}{Re} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{\delta^2} \right) \right]; \quad (*)$$

$$O \left[Sh \frac{\delta}{1} + 1 \frac{\delta}{1} + \delta \frac{\delta}{1} \right] = -O \left(\frac{1}{\delta} \right) + O \left[\frac{1}{Re} \left(\frac{\delta}{1} + \frac{\delta}{\delta^2} \right) \right]. \quad (**)$$

Левая часть уравнения (*), как видим, единична, а в правой части в квадратных скобках наибольшую удельную массу имеет член $1/(Re\delta^2)$. Он несоизмеримо больше, чем $1/Re$, так как $\delta < 1$.

В уравнении (**) левая часть имеет порядок δ , что значительно меньше 1, а правая – порядок $O(1/\delta) + O(1/Re\delta)$, т.е. больше $1/Re$. В связи с тем, что в рассматриваемой задаче числа Re , как правило, достаточно велики, то все члены в уравнении (**), по крайней мере, в δ раз меньше, чем члены в уравнении (*).

Итак, преобразуя уравнения (27), (28) в размерные величины, в результате анализа получаем

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}; \quad (30)$$

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0.$$

Если считать, что порядок градиента скорости не превосходит порядок поперечной компоненты вектора скорости, то уравнение движения упрощается и принимает вид

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}. \quad (31)$$

В то же время, учитывая, что в уравнении (31) уже отсутствует поперечная координата скорости, то нет необходимости использовать уравнение сплошности ($\partial u_x / \partial x = -\partial u_y / \partial y$). Таким образом, упростив исходную систему уравнений движения при изотермических условиях течения и памятуя о том, что в реальных условиях течение неизотермическое, уравнение (31) следует дополнить уравнением энергии

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u_x \frac{\partial T}{\partial x} + u_y \frac{\partial T}{\partial y} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{\nu}{c_p} \Phi. \quad (32)$$

Здесь T – температура жидкости (топлива); $\partial T / \partial x, \partial T / \partial y$ – продольный и поперечный градиенты температур; $a = \lambda / \rho c_p$ – коэффициент температуропроводности жидкости (топлива); c_p – теплоемкость жидкости; Φ – диссипативная функция Рэлея.

В случае плоского движения диссипативная функция Рэлея принимает вид $(\partial u_x / \partial y)^2$.

Следовательно, для плоского нестационарного неизотермического движения несжимаемой жидкости (топлива) в длинном канале имеем:

Список литературы

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}; \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u_x \frac{\partial T}{\partial x} &= +\frac{\lambda}{\rho c_p} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\nu}{c_p} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} \right)^2. \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

Диссипативные явления, повышающие температуру потока, зависят как от поля скоростей по поперечному сечению потока, так и от вязкости жидкости, которая в существенной степени зависит от ее температуры, т.е. от результата действия диссипативных эффектов. Из-за неравномерности поля скоростей по поперечному сечению потока в круглой трубе могут возникнуть различия значений вязкости жидкости по поперечной координате потока, что в свою очередь изменит поле скоростей и приведет к изменению в распределении диссипации по сечению. Поэтому следует оценить характер возможной неравномерности поля температур и изменение вязкостных свойств потока жидкости в трубопроводе, учитывая его нестационарность, также вызванные этой неравномерностью изменения поля скоростей и диссипативных явлений [4, 5].

Получено 09.04.2015

V. N. Panchenko, A. Iu. Balakin. Optimization of reliability and efficiency of diesel engines.

The evaluation of effective operational fuel consumption taking into account the weight of the locomotive and its resistance to the movement is suggested. The derivation of the objective function, which is a differential equation in partial derivatives for determining the extreme value of the efficiency of transport operations is given. A mathematical model for evaluating the quality of the performance of the fuel supply apparatus is given. The mathematical model allows to establish a link between the characteristics of the flow of hydrodynamic processes and basic design parameters of the fuel equipment.

1 **Васильев, В. И.** Эксплуатационная экономичность тепловозных дизелей с учетом переходных процессов / В. И. Васильев // Тр. МИИТ. Вып. 611. – М. : Транспорт, 1978. – С. 27–34.

2 **Володин, А. И.** Пути совершенствования основных характеристик и эксплуатационных качеств дизелей магистральных тепловозов : дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1969.

3 **Панченко, В. Н.** Повышение топливной экономичности тепловозных дизелей за счет совершенствования параметров энергетической установки : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / В. Н. Панченко. – Самара, 2002. – 161 с.

4 **Панченко, В. Н.** Моделирование процессов топливоподачи в тепловозных дизелях / В. Н. Панченко, А. Ю. Балакин, Е. М. Плохов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск: «Перспективы и направления развития транспортной системы». – Самара, 2007. – С. 225–229.

5 Оптимизация работы тепловозных дизелей. / В. Н. Панченко [и др.]. // Сборник докладов региональной научно-практической конференции, посвященной 130-летию КбшЖД «Актуальные проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта». Ч. 1. – Самара : СамГАПС, 2004. – С. 33–36.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 656. 225.04

В. Я. НЕГРЕЙ, доктор технических наук, К. М. ШКУРИН, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

Рассмотрены теоретические предпосылки использования вероятностных методов анализа параметров перевозочного процесса. Выполнены исследования влияния технической скорости движения грузовых поездов на участковую и колебаний среднесуточного количества грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель Белорусской железной дороги. Дана оценка влияния увеличения тягового плеча локомотива на время движения поезда.

Развитие транспортных систем связано с возрастанием роли систем обработки информации, объем которой возрастает с каждым годом. Для поддержания функционирования транспортной системы и принятия эффективных управленческих решений необходимо анализировать множество качественных и количественных показателей: данные об объемах перевозок, измерители, характеризующие эффективность использования транспортных средств, затраты на эксплуатацию существующих и создание новых путей сообщения и многое другое.

Задача анализа параметров транспортной системы значительно усложняется тем, что перевозочному процессу объективно присуща неравномерность. Суточное количество грузовых поездов, вагонов, грузов, пассажиров, поступающих в транспортные системы в единицу времени, является величиной переменной, колеблющейся в широких пределах. Переменны как интервалы между моментами поступления поездов в транспортную систему, так и время выполнения производственных операций в перевозочном процессе.

Колебания потока вагонов, поступающих на станцию, являются результатом воздействия большого числа различных факторов. Среди них – неравномерность выпуска продукции предприятиями и неравномерность ее предъявления к перевозке, погрузка и выгрузка вагонов грузовладельцами только в рабочие дни недели и (или) в дневное время суток.

Можно выделить два подхода, нашедших практическое применение в исследовании транспортных систем: изучение показателей перевозочного процесса как детерминированных и как вероятностных величин.

При исследовании показателей перевозочного процесса как детерминированных величин между отдельными показателями устанавливается функциональная зависимость, позволяющая однозначно предсказать поведение одного из показателей при изменении других.

Вероятностный подход отличается большей объективностью. В этом случае транспортный поток рассматривается как случайный процесс. Например, распределение временных интервалов между поездами может приниматься не строго определенным, а случайным.

Важную роль в описании случайных процессов играют параметры, характеризующие зависимость между случайными величинами, – *корреляционный момент и коэффициент корреляции*.

Корреляционным моментом случайных величин называют математическое ожидание произведения отклонений этих величин от своих математических ожиданий.

Коэффициент корреляции случайных величин представляет собой отношение корреляционного момента к произведению средних квадратических отклонений этих величин.

Корреляционный момент и коэффициент корреляции характеризуют степень линейной зависимости между двумя величинами. Нулевое значение данных характеристик указывает на отсутствие линейной зависимости между исследуемыми величинами. Равенство коэффициента корреляции единице говорит о положительной линейной функциональной зависимости между величинами; если же коэффициент равен -1 , то между величинами существует отрицательная линейная функциональная зависимость.

Установление наличия или отсутствия взаимосвязи между рассматриваемыми величинами играет важную роль в прогнозировании развития транспортных систем, позволяя определить, каким образом будут изменяться параметры системы при её модифицировании.

Приведем ряд примеров использования вероятностных методов в анализе различных параметров перевозочного процесса. В качестве исходных данных были использованы сведения о движении грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель в первом квартале 2013 года.

1 Анализ зависимости участковой скорости движения грузовых поездов от их технической скорости.

При установлении норм массы и скорости грузовых поездов важную роль играет участковая скорость $\bar{v}_{\text{уч}}$, во многом зависящая от технической скорости $\bar{v}_{\text{тех}}$. На основе участковой скорости определяется время оборота вагонов и локомотивов, их рабочий и эксплуатируемый парк, количество локомотивных бригад, а также связанные с ними денежные затраты.

Анализ различных моделей взаимозависимости участковой и технической скоростей на направлении Витебск – Гомель, выполненный при помощи программного пакета Statgraphics, показал, что наибольшие значения коэффициента корреляции между данными параметрами r достигаются при применении следующих моделей (рисунки 1–3):

1) линейная зависимость (коэффициент корреляции $r = 0,829024$):

$$\bar{V}_{\text{уч}} = -7,9658 + 1,07868\bar{V}_{\text{тех}}; \quad (1)$$

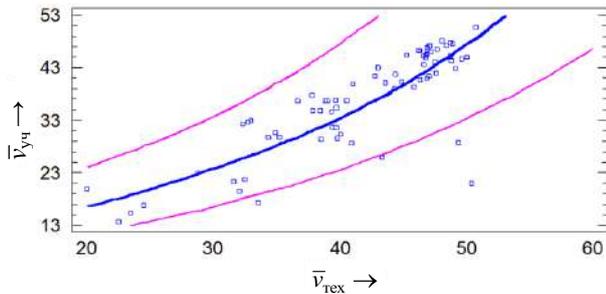


Рисунок 1 – Линейная зависимость участковой скорости от технической

2) функция с квадратным корнем (коэффициент корреляции $r = 0,831835$):

$$\bar{v} = (-1,47658 + 1,16687\sqrt{\bar{v}}); \quad (2)$$

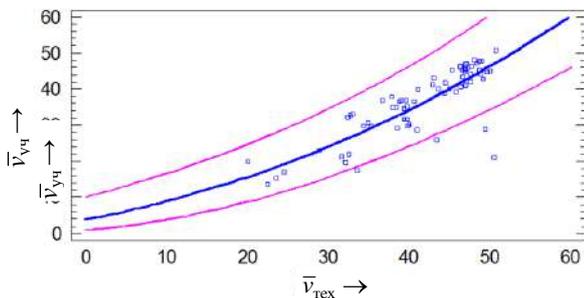


Рисунок 2 – Зависимость участковой скорости от технической – функция с квадратным корнем

3) экспоненциальная функция (коэффициент корреляции $r = 0,831637$):

$$\bar{v} = \exp(0,828386 + 0,426489\sqrt{\bar{v}}). \quad (3)$$

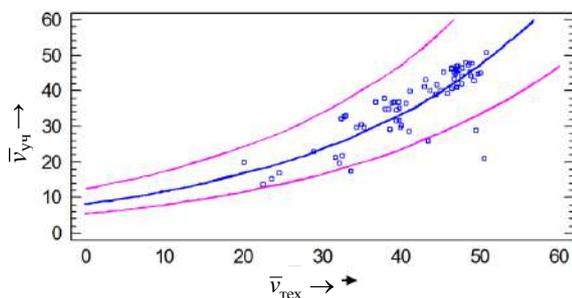


Рисунок 3 – Зависимость участковой скорости от технической – экспоненциальная функция

Поскольку коэффициенты корреляции при использовании вышеуказанных выражений различаются незначительно, можно утверждать, что для построения зависимости между технической и участковой скоростями можно использовать линейную функцию.

Высокий уровень корреляции между значениями позволяет сделать вывод о том, что уровень технической скорости оказывает решающее влияние на участковую скорость, так как в её основе заложено то же чистое время хода, которое определяет и ходовую скорость. Основными причинами остановок поездов на участке является необходимость организации обгонов грузовых поездов пассажирскими и ускоренными поездами, а на однопутных линиях – также и скрещения грузовых поездов между собой и с пассажирскими. Количество и продолжительность стоянок при обгонах и скрещениях также во многом зависят от технической скорости.

Установленная зависимость между технической и участковой скоростями позволяет упростить анализ организации работы участков направления: анализируя график зависимости, можно определить участки, движение на которых организовано недостаточно эффективно (точки, расположенные на графике ниже линии зависимости), или, напротив, эффективнее среднего уровня (точки, расположенные на графике выше линии зависимости).

2 Анализ изменений среднесуточного количества грузовых поездов на участках направления.

Для оценки характера колебаний среднесуточного количества грузовых поездов N при помощи программного пакета Statgraphics проследим, как изменяются коэффициент вариации σ и среднее квадратическое отклонение их числа от среднего значения γ с увеличением поездопотока. При этом среднее квадратическое отклонение характеризует абсолютный размах колебаний, а коэффициент вариации – относительный.

Взаимосвязь среднее квадратического отклонения со средним числом грузовых поездов характеризуется логарифмическим уравнением

$$\ln y = -0,0961029 + 0,45803 \ln N, \quad (4)$$

или

$$y = 0,908371 N^{-}. \quad (5)$$

На рисунке 4 показана графическая интерпретация среднее квадратического отклонения числа грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель от среднего значения.

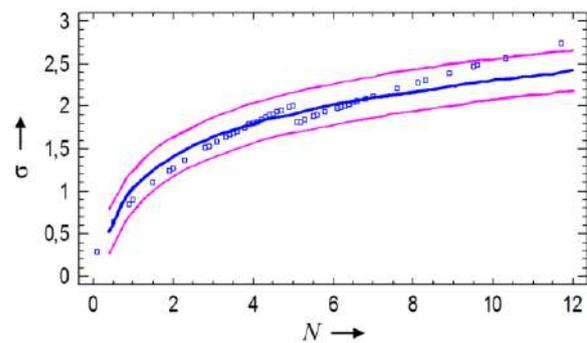


Рисунок 4 – Среднее квадратическое отклонение числа грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель от среднего значения

Взаимосвязь коэффициента вариации со средним числом грузовых поездов характеризуется уравнением

$$\gamma = \sqrt{-0,0126719 + \frac{0,814252}{N}}. \quad (6)$$

Графическая интерпретация взаимосвязи коэффициента вариации числа грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель с их средним значением показана на рисунке 5.

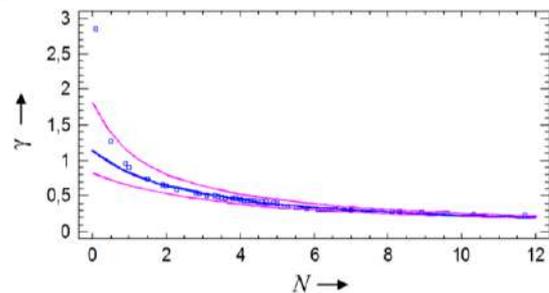


Рисунок 5 – Коэффициент вариации числа грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель

Гистограмма распределения числа грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель, на которую для наглядности наложена кривая нормального распределения, представлена на рисунке 6.

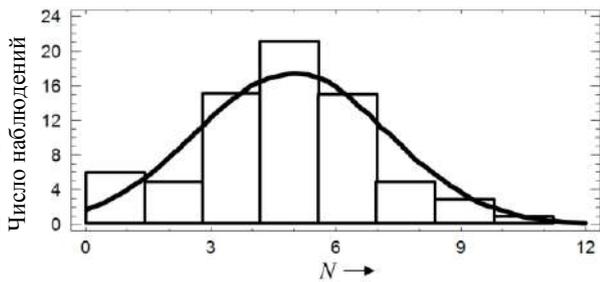


Рисунок 6 – Гистограмма распределения числа грузовых поездов на направлении Витебск – Гомель

Анализ изменений среднесуточного количества грузовых поездов на участках направления Витебск – Гомель позволяет сделать вывод о том, что среднесуточные размеры движения на участках в целом подчиняются нормальному закону распределения. При этом с увеличением размеров движения абсолютный размах колебаний увеличивается, а относительный – уменьшается.

3 Определение эффекта от увеличения тягового плеча локомотива.

При расчете потребности в локомотивах грузового движения по участкам обращения одним из важнейших параметров является коэффициент потребности локомотивов на пару грузовых поездов, на который, в свою очередь, влияет время движения поезда по направлению.

Для оценки влияния увеличения тягового плеча локомотива на время движения поезда рассмотрим два участка, среднее время движения по одному из которых (t_1) составляет 300 мин, по второму (t_2) – 230 мин.

В случае увеличения тягового плеча локомотива математическое ожидание времени хода по объединенному участку будет определяться по формуле

$$\bar{M} = t_1 + t_2. \quad (7)$$

Фактически время движения грузового поезда по участку имеет вероятностный характер, поскольку на него оказывает влияние множество факторов (потери времени, обусловленные скрещиваниями и обгонами поездов, квалификация машиниста и т.д.).

Обозначим среднее квадратическое отклонение времени движения по первому и второму участкам как Y_1 и Y_2 соответственно. Тогда среднее квадратическое отклонение времени хода по объединенному участку составит

$$\bar{y} = \sqrt{Y_1^2 + Y_2^2}. \quad (8)$$

При нормировании локомотивного парка целесообразно использовать не математическое ожидание среднего времени движения поезда по участку, а большее значение, находящееся в доверительном интервале с надежностью 0,95.

Получено 24.10.2015

V. J. Negrey, K. M. Shkurin. Development of methodology for the analysis of the transportation process.

The theoretical prerequisites for using probabilistic methodology for the analysis of the transportation process measures are considered. The results of studies of the effect of technical speed on service speed and the fluctuation analysis for the number of freight trains on Vitebsk-Gomel line are given. The effect on train movement time by increasing locomotive run is evaluated.

В таблице 1 приведена оценка влияния увеличения тягового плеча локомотива на сокращение времени движения по участку при среднем квадратическом отклонении времени хода, составляющем 0,1; 0,2 и 0,3 от t .

Таблица 1 – Оценка эффекта от увеличения тягового плеча

Тяговые плечи	Время движения, мин			Экономия в сравнении с существующей системой	
	\bar{M}	\bar{y}	с 95%-й вероятностью	мин	%
Существующие	530	53	616	–	–
	530	106	703	–	–
	530	159	791	–	–
Увеличенное	530	37,8	593	23	3,7
	530	75,6	651	52	7,4
	530	113,4	716	75	9,5

Из таблицы видно, что эффект от увеличения тягового плеча локомотива значительно возрастает с ростом среднего квадратического отклонения времени движения по участку. Так, при $y = 0,3t$ увеличение тягового плеча позволит сократить время движения по участку на 9,5 %.

Таким образом, можно утверждать, что многие параметры перевозочного процесса являются по своей природе вероятностными, хотя в действующей методологии рассматриваются как детерминированные, что зачастую приводит к управленческим ошибкам. Более широкое использование вероятностных методов в анализе работы транспортных систем позволяет не только упростить процесс обработки информации, но и повысить качество принимаемых решений.

Следует отметить, что применение регрессионного и корреляционного анализа способствует выявлению недостоверных исходных данных, вносящих искажения в результаты исследования. Анализ массива полученных данных, выполненный с использованием вероятностных методов, позволяет легко определить значения исследуемого показателя, значительно отличающиеся от прогнозируемых, и установить их достоверность путем более детального изучения.

Список литературы

- 1 **Вдовин А. Н.** На основе имитационного моделирования / А. Н. Вдовин, И. Н. Шапкин // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 3. – С. 37–41.
- 2 **Вентцель Е. С.** Исследование операций: задачи, принципы, методы / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1988. – 206 с.
- 3 **Некрашевич В. И.** Управление эксплуатацией локомотивов / В. И. Некрашевич, В. И. Апатцев. – М. : РГОТУПС, 2004. – 257 с.
- 4 **Правдин Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 247 с.
- 5 **Шевченко Д. Н.** Теория вероятностей и математическая статистика / Д. Н. Шевченко. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 314 с.

УДК 656.222.3

В. Я. НЕГРЕЙ, доктор технических наук, С. В. ДОРОШКО, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАСЧЕТНЫЕ ВАГОНОПОТОКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

Приводится анализ существующей методики выбора плановых вагонопотоков при расчете плана формирования поездов. Предлагается более эффективная процедура расчета струй вагонопотока на основе математического ожидания вероятностной модели.

По мере развития теории и практики расчета плана формирования поездов, который лежит в основе модели распределения сортировочной работы между станциями, подходы к выбору расчетных вагонопотоков неоднократно менялись. В соответствии с этим менялись и рекомендации по распределению сортировочной работы между станциями, эффективности маршрутизации вагонопотоков. Сегодня большинство предложений можно свести в следующие группы:

а) разработка двух вариантов плана формирования – на минимальные потоки каждого назначения (базовый вариант ПФП) и на средние суточные потоки, с указанием порядка перехода с одного варианта на другой (предложение проф. И. И. Васильева);

б) назначение ПФП на минимальные потоки, с учетом возможности продления движения маршрутов за станцию назначения, указанную в основном ПФП;

в) в основу расчетов принимать минимальные потоки, а при выборе оптимального ПФП руководствоваться лишь необходимым условием выгоды выделения назначения (проф. И. И. Васильев);

г) составление ПФП на минимальные и на максимальные суточные потоки (проф. В. А. Сокович, В. В. Повороженко);

д) при разработке ПФП необходимо исходить из средних потоков, а постоянные поезда назначать по минимальным потокам (предложение НИИЖТа);

е) ПФП должен составляться на основе средних плановых вагонопотоков, разработанных на период его действия, с выделением для сезонных грузов объема и сроков увеличенных перевозок (чл.-кор. АН СССР А. П. Петров).

Преимущества и недостатки каждого из подходов были тщательно проанализированы на рубеже 50-х годов чл.-кор. АН СССР А. П. Петровым и его учениками.

Исследования по этой проблеме, выполненные в последние десятилетия, не изменили выводов чл.-кор. АН СССР А. П. Петрова, и сегодня на практике используется последний вариант, который рекомендует вести расчеты на средние плановые вагонопотоки. Об этом свидетельствует принятая в последней редакции «Инструкции по организации вагонопотоков...» концепция выбора расчетных вагонопотоков [2].

За период с 1950 г. по настоящее время выполнены значительные исследования, которые позволяют отметить, что теоретический анализ и решение этого важнейшего вопроса системы организации перевозок были выполнены при достаточно жестких ограничениях и до-

пущениях, которые не в полной мере учитывают реальные условия работы железнодорожных станций. Во-первых, вероятностный характер колебаний транспортных потоков представлен детерминированной моделью, хотя многочисленные исследования, выполненные в БелГУТе, НИИЖТе, МГУПСе, НИИЖТе, ПГУПСе, Харьковской государственной Академии железнодорожного транспорта, ДГУЖТе и других организациях, убедительно доказали вероятностную природу транспортных потоков, а главное, разработаны адекватные методы ее описания. Во-вторых, вывод о целесообразности расчета ПФП на основе безошибочного прогноза средних вагонопотоков [5]. Исследования автора, а также работы [1, 3, 6, 7] показали, что особенно в условиях рыночной экономики выполнить прогноз эталонных значений вагонопотоков без ошибки невозможно. Последнее обстоятельство имеет особое значение в условиях рыночной экономики.

В-третьих, большинство теоретических построений базировалось на концепции независимости стабильности струи от ее мощности, а также независимости критерия оптимизации от структуры вагонопотоков.

В-четвертых, выводы были сделаны в предположении, что структура перевозимых грузов не влияет на принятие окончательного решения.

Поэтому перечисленные выше методологические ограничения, положенные в основу выбора расчетных вагонопотоков, не гарантируют в современных условиях получение оптимальных решений и требуют выполнения дополнительных исследований по анализируемой проблеме.

Для более полного представления о существе анализируемых теоретических исследований приведем их основные моменты.

Выделение назначения выгодно, если

$$N = \frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{эк}}}, \quad (1)$$

где N – суточный вагонопоток данного назначения; $T_{\text{нак}}$ – вагоно-часы накопления за сутки; $t_{\text{эк}}$ – экономия времени в часах, достигаемая при выделении назначения.

Обозначим в соответствии с [5] отношение минимального вагонопотока струи к среднему через α ($\alpha = N_{\text{min}}/\bar{N}$). Тогда ПФП, рассчитанные по минимальным N_{min} и средним \bar{N} потокам, будут совпадать при соблюдении следующих условий:

$$\alpha \bar{N} \geq \frac{Cm}{t_{\text{эк}}}; \quad \bar{N} \leq \frac{2Cm}{t_{\text{эк}}}. \quad (2)$$

При соблюдении условий (2) может оказаться выгодным выделение нового назначения плана формирования поездов. Объединяя два условия, можно записать

$$\frac{2Cm}{t_{\text{ЭК}}} \geq \bar{N} \geq \frac{Cm}{\alpha t_{\text{ЭК}}}. \quad (3)$$

Согласно [5], дополнительные потери вагоно-часов при ориентировке на минимальные потоки вместо средних, будут иметь место, если

$$\frac{Cm}{\alpha t_{\text{ЭК}}} \geq \bar{N} \geq \frac{Cm}{t_{\text{ЭК}}}. \quad (4)$$

Кроме этих условий чл.-кор. АН СССР А. П. Петров допускает, что:

1) по обоим вариантам можно исключить одинаковые затраты вагоно-часов на накопление одного назначения по ст. А и ст. Б, на пропуск транзитных поездов;

2) все суточные потоки можно перегруппировать в ряд, изменение величин в котором происходит по закону прямой линии.

При таких ограничениях рекомендуется находить наиболее вероятные значения вагонопотока в интервалах (N_{\min}, \bar{N}) и (\bar{N}, N_{\max}) по формулам

$$\bar{N}_{\min} = (\bar{N} + N_{\min}) / 2 = (1 + \alpha) \bar{N} / 2. \quad (5)$$

$$\bar{N}_{\max} = (\bar{N} + N_{\max}) / 2 = (3 - \alpha) \bar{N} / 2. \quad (6)$$

В этом случае затраты вагоно-часов в зависимости от изменения вагонопотока от N_{\min} до N_{\max} приходятся в среднем на назначение для всего плана формирования. Максимальные потери при этом возникают при \bar{N} , немного не достигающем величины $T_{\text{нак}} / (\alpha t_{\text{ЭК}})$ или $Cm / (\alpha t_{\text{ЭК}})$, которые приближаются к величине

$$\bar{N} t_{\text{ЭК}} - T_{\text{нак}} = \frac{T_{\text{нак}}}{\alpha t_{\text{ЭК}}} t_{\text{ЭК}} - T_{\text{нак}} = T_{\text{нак}} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (7)$$

и гиперболически увеличиваются с уменьшением α . Согласно вышесказанному, чем больше отклонение минимального потока от среднего, тем большими будут и потери при расчете плана формирования на минимальные потоки.

Учитывая, что величина \bar{N} для одного назначения может колебаться от $T_{\text{нак}}/t_{\text{ЭК}}$ до $2T_{\text{нак}}/t_{\text{ЭК}}$, то средние потери вагоно-часов в процентах при составлении плана формирования по минимальным вагонопотокам вместо средних и введении дополнительных поездов тех же назначений в случае роста вагонопотоков, для всего плана формирования или в среднем на одно назначение, могут быть представлены в виде

$$\frac{\frac{1}{2} T_{\text{нак}} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \left(\frac{T_{\text{нак}}}{6t_{\text{ЭК}}} - \frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}} \right)}{T_{\text{нак}} \left(\frac{2T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}} - \frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}} \right)} \cdot 100 = 50 \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right)^2. \quad (8)$$

График вышеприведенной зависимости приведен на рисунке 1.

Кроме того, в данной ситуации не учтены потери на дополнительную переработку вагонов, которые могут весьма значительно увеличить затраты. Этих потерь можно избежать при разработке плана формирования на минимальные потоки и только непрерывной корректировкой плана формирования, что практически неосуществимо.

Согласно [5], при определении количества дней в течение года, когда возникнет необходимость корректировать план формирования, рассчитываемый на минимальные и средние значения вагонопотоков при оптимальном режиме формирования поездов, план, составленный на средние потоки, также не всегда будет оптимальным в случае их увеличения или сокращения.

Дополнительная экономия при этом может быть достигнута:

– в дни сокращения вагонопотока – при значениях \bar{N} от $T_{\text{нак}} / t_{\text{ЭК}}$ до $T_{\text{нак}} / (\alpha t_{\text{ЭК}})$;

– в дни возрастания вагонопотока – при значениях \bar{N} от $2T_{\text{нак}} / [(2 - \alpha)t_{\text{ЭК}}]$ до $2T_{\text{нак}} / (\alpha t_{\text{ЭК}})$.

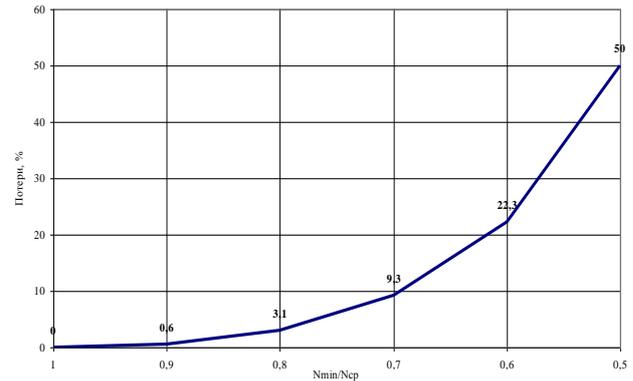


Рисунок 1 – Зависимость потерь вагоно-часов от $\alpha (N_{\min} / \bar{N})$ при составлении плана формирования на минимальные потоки вместо средних

Средняя затрата вагоно-часов $B_{\text{ср}}$ с учетом экономии при условии, что с поездами дополнительного назначения отправиться половина потока N_{\max} , которая пройдет станцию без переработки, сэкономив $N_{\max} t_{\text{ЭК}} / 2$ вагоно-часов, будет определяться из выражения

$$B_{\text{ср}} = 2T_{\text{нак}} - \frac{N_{\max} t_{\text{ЭК}}}{2}. \quad (9)$$

В общем виде для \bar{N} вагонопотока, изменяющегося от N_{\min} до N_{\max} , средневзвешенная суточная затрата вагоно-часов от $T_{\text{нак}}/t_{\text{ЭК}}$ до $T_{\text{нак}}/(\alpha t_{\text{ЭК}})$, определяется из выражения

$$B_{\text{ср.вз}} = \frac{N_{\max} - \frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}}}{N_{\max} - N_{\min}} T_{\text{нак}} + \frac{\frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}} - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} t_{\text{ЭК}} \frac{\frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}} + N_{\min}}{2}. \quad (10)$$

В этой зависимости доля дней, когда оптимальным будет план, рассчитанный на минимальные вагонопотоки, потребует корректировки:

$$\Delta_{\min} = \frac{N_{\max} - \frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}}}{N_{\max} - N_{\min}} = \frac{(2 - \alpha) - \frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}} \bar{N}}}{2(1 - \alpha)}, \quad (11)$$

где $T_{\text{нак}}$ – затраты вагоно-часов, исключая одинаково повторяющиеся по всем вариантам.

Доля дней, когда оптимальный план, составленный на средние вагонопотоки, потребует корректировки:

$$\Delta_{\text{ср}} = \frac{\frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}} - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} = \frac{\frac{T_{\text{нак}}}{t_{\text{ЭК}}} - \alpha}{2(1 - \alpha)}. \quad (12)$$

По вышеприведенным формулам построены зависимости, приведенные на рисунке 2.

Анализ рисунка 2 показывает, что при расчете плана формирования на минимальные вагонопотоки в отличие от средних, количество дней корректировки возрастает в 2 раза.

Средняя затрата вагоно-часов в период действия плана формирования, составленного на среднее значение вагонопотока, составит

$$B_{cp}(\bar{N}) = t_{эк} \frac{\frac{T_{нак}}{t_{эк}} + N_{min}}{2}. \quad (13)$$

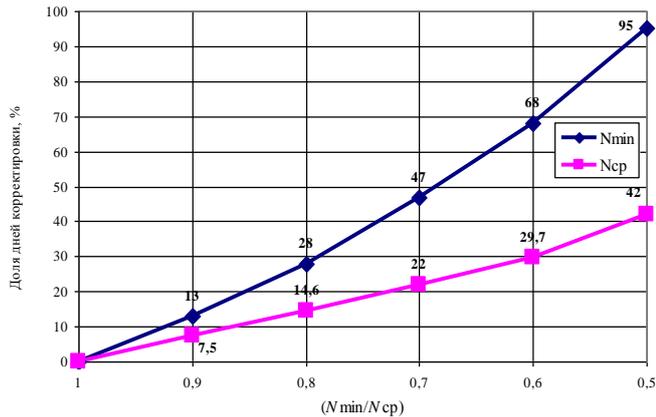


Рисунок 2 – Зависимость числа дней корректировки плана формирования от α

При изменении \bar{N} до N_{max} , в общем случае – от $\frac{2T_{нак}}{(2-\alpha)t_{эк}}$ до $2T_{нак}/t_{эк}$ средневзвешенные затраты вагоно-часов составят

$$B_{cp,вз}(N_{max}) = \frac{2T_{нак} - N_{min}}{N_{max} - N_{min}} T_{нак} + \frac{N_{max} - \frac{2T_{нак}}{t_{эк}}}{N_{max} - N_{min}} \left(2T_{нак} - t_{эк} \frac{N_{max} + \frac{2T_{нак}}{t_{эк}}}{2} \right). \quad (14)$$

Величина $\Delta_{опт}$, входящая в зависимость (15), при значениях от $T_{нак}/t_{эк}$ до $T_{нак}/(\alpha t_{эк})$ представляется как доля дней, когда план формирования будет оптимальным и в корректировке не нуждается, независимо от того, составлен он на минимальные или средние вагонопотоки, и имеет вид

$$\Delta_{опт} = \frac{\frac{2T_{нак}}{t_{эк}} - N_{min}}{N_{max} - N_{min}} = \frac{\frac{2T_{нак}}{t_{эк}} - \alpha}{2(1-\alpha)}. \quad (15)$$

При изменении вагонопотока в пределах от $\frac{2T_{нак}}{(2-\alpha)t_{эк}}$ до $2T_{нак}/t_{эк}$, т. е. от \bar{N} до N_{max} , оптимальный план формирования потребует корректировки

$$\Delta_{опт}(N_{max}) = \frac{N_{max} - \frac{2T_{нак}}{t_{эк}}}{N_{max} - N_{min}} = \frac{(2-\alpha) - \frac{2T_{нак}}{t_{эк} \bar{N}}}{2(1-\alpha)}. \quad (16)$$

Затраты вагоно-часов при среднем и максимальном значениях вагонопотока, равном $(N_{max} + 2T_{нак}/t_{эк})/2$ будут равны

$$B(\bar{N}, N_{max}) = 2T_{нак} - t_{эк} \frac{N_{max} + 2N_{нак}/t_{эк}}{2 \cdot 2}. \quad (17)$$

Принятые в исследованиях чл.-кор. АН СССР А. П. Петрова допущения (5) и (6) справедливы только для равномерного закона распределения колебаний вагонопотока. Однако такое допущение является весьма приближенным и не соответствует реальным условиям колебания транспортного спроса.

Неравномерность перевозок грузов в течение года зависит от ряда причин, таких как сезонность производства и потребления отдельных видов продукции, открытие и закрытие навигации на водных путях, ввод в эксплуатацию новых предприятий, неритмичность выполнения плана производства отдельными предприятиями, климатические особенности экономических районов, колебания погрузки и выгрузки по отдельным дням, нерегулярность работы морских портов и др.

На эксплуатационную работу и на техническое оснащение железных дорог чрезвычайно важное значение оказывает влияние неравномерности вагонопотоков при оптимизации ПФП, т. е. от решения задачи распределения сортировочной работы зависит правильное определение потребной пропускной способности участков и станций, а также перерабатывающей способности сортировочных и грузовых устройств на станциях и многое другое. Так как на основе расчетных вагонопотоков проектируется предстоящее развитие всех необходимых устройств железной дороги, а следовательно, и расчет размеров инвестиций. Учет неизбежных колебаний в этом случае также важен, как и точное прогнозирование предстоящих объемов работы. Завышенная степень неравномерности приведет к излишней затрате средств, а недоучет – к затруднениям в освоении предстоящих перевозок, нерациональному использованию подвижного состава.

Не менее ощутимо влияет неравномерность перевозок и на размеры перевозочных средств, необходимых для освоения заданных объемов работы. Потребность в вагонном парке находится в прямой зависимости от размеров работы. Поэтому даже временное повышение объема перевозок влечет за собой увеличение потребности в вагонах.

Значительное влияние на точность расчета оптимального ПФП оказывают ошибки прогнозирования среднесуточных потоков, которые связаны с несовершенством системы прогнозирования эталонов. Обычно предполагается, что объем перевозок между отдельными станциями изменяется пропорционально объему перевозок между соответствующими дорогами [5]. Такой подход является грубым приближением к действительности и приводит к значительным ошибкам, которые достигают по отдельным струям 23–47 %. Например, для среднесетевых условий абсолютные размеры ошибки прогноза мощности струй достигают 35–150 вагонов. Расчеты показали, что суточные колебания размера струй вагонопотока и ошибки прогноза приводят к большим отклонениям расчетных значений потоков от их действительных значений. Исследования, приведенные в [6], а также наблюдения автора за колебаниями мощности назначений ПФ и их обработка методами математической статистики показали, что суммарное распределение суточных колебаний струй вагонопотоков с достаточной для практических целей точностью (при $\bar{N} \geq 120$ ваг./сут) описывается нормальным законом

распределения, а при меньших значениях – нормальным или законами Эрланга или Пуассона.

Доказано, что суточные колебания струй ПФП в большинстве случаев описываются нормальным законом распределения или по терминологии, принятой в [6]

$$f(N) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(N-\bar{N})^2}{2\sigma^2}}, \quad (18)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение,

$$\sigma = a_i \bar{N}^{b_i}, \quad (19)$$

a_i, b_i – эмпирические коэффициенты для i -го рода груза.

Систематизация статистического материала, собранного за период с 1990 по 2013 гг. на сети железных дорог Республики Беларусь и России, показала, что:

– наблюдается устойчивая закономерность снижения относительных размеров колебаний при увеличении интенсивности транспортного потока;

– размах колебаний транспортного потока зависит от структуры грузовых потоков, из которых он формируется, а также условий формирования. Поэтому при равных значениях мощности двух струй, абсолютные отклонения от среднесуточных размеров могут существенно отличаться друг от друга;

– между транспортными потоками, сформированными из разных категорий грузов, существует корреляционная связь, степень которой зависит от экономического района, где расположены линейные участки железнодорожной сети, сортировочные, участковые, грузовые и портовые станции.

Обработка результатов наблюдений по родам груза, в соответствии с принятой классификацией, позволила получить численную оценку коэффициентов, используя которые можно определять расчетные плановые значения вагонопотоков при составлении плана формирования поездов на Белорусской железной дороге.

Поэтому величину среднего квадратического отклонения рекомендуется определять по формуле

$$\sigma = a_i \bar{N}^{b_i}. \quad (20)$$

Коэффициент вариации для i -го рода груза

$$\gamma_i = a_i \bar{N}^{b_i-1}, \quad (21)$$

где a_i, b_i – эмпирические коэффициенты для i -го рода груза. Значения коэффициентов приведены в таблице 1.

Для практических расчетов величины мощности струи в зависимости от интенсивности вагонопотока и рода перевозимого груза рекомендуется пользоваться данными таблиц 1 и 2.

Таблица 1 – Расчетные параметры прогнозных функций

Род груза	Среднее квадратическое отклонение, σ		Коэффициент вариации, γ	
	a_i	b_i	a_i	b_i
Каменный уголь и кокс	1,224	0,660	1,224	-0,340
Нефтяные	1,260	0,658	1,260	-0,342
Руда	1,293	0,657	1,293	-0,343
Черные металлы	1,249	0,652	1,249	-0,348
Лесные	1,232	0,676	1,232	-0,324
Минеральные строительные	1,393	0,653	1,393	-0,347
Химические и минеральные удобрения	1,289	0,652	1,289	-0,348
Хлебные	1,420	0,662	1,420	-0,338
Прочие	1,302	0,701	1,502	-0,299

Расчеты авторов позволили сделать вывод, что в результате суточных колебаний и ошибок прогноза действительные значения вагонопотоков отличаются от среднесуточных плановых на 18–350 %, а разница между максимальным и минимальным значениями мощности струи в отдельные сутки достигает 50–600 вагонов и в ряде случаев значительно превосходит среднее значение. Такие значительные колебания струй вагонопотоков приводят к отклонениям критерия оптимальности ПФП от его расчетного значения, сильно деформируют принятое решение.

Если обозначить границу перехода от одного варианта к другому через $N_{гр}$, то средний размер струи в пределах от $N_{мин}$ до $N_{гр}$ и от $N_{гр}$ до $N_{макс}$ (рисунок 3) будет определяться по формулам

$$\bar{N}_1 = \frac{\int_{-\infty}^{N_{гр}} Nf(N)dN}{\int_{-\infty}^{N_{гр}} f(N)dN}, \quad \bar{N}_2 = \frac{\int_{N_{гр}}^{+\infty} Nf(N)dN}{\int_{N_{гр}}^{+\infty} f(N)dN}. \quad (22)$$

Если колебания мощности струи описываются нормальным законом распределения, то

$$\bar{N}_1 = \bar{N} - \frac{\frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{v^2}{2}} dV}, \quad \bar{N}_2 = \bar{N} + \frac{\frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{+\infty} e^{-\frac{v^2}{2}} dV}, \quad (23)$$

где x – нормированная величина, равная $(N_{гр} - \bar{N}) / \sigma$.

Количество дней в году, когда мощность струи будет превышать критическое значение, составит

$$r_2 = \int_{N_{кр}}^{\infty} f(N)dN. \quad (24)$$

После подстановки исходных данных

$$r_2 = 365 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{200}^{\infty} e^{-\frac{v^2}{2}} dV = 365 \cdot 0,295 = 108 \text{ сут.}$$

По аналогии, количество суток в году, когда мощность струи будет меньше критической

$$r_1 = 365 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{N_{кр}} f(N)dN. \quad (25)$$

Доля дней, когда оптимальным будет второй вариант, с выделением сквозного назначения

$$\Delta_{m2} = \frac{365 \int_{N_{гр}}^{+\infty} e^{-\frac{v^2}{2}} dV}{365}. \quad (26)$$

По аналогии

$$\Delta_{m1} = \frac{365 \int_{-\infty}^{N_{гр}} e^{-\frac{v^2}{2}} dV}{365}. \quad (27)$$

Таблица 2 – Значения среднего квадратического отклонения, σ

Среднесуточная интенсивность потока, ваг/сут	Род груза								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	5,59	5,73	5,87	5,61	5,84	6,27	5,78	6,52	6,54
20	8,84	9,05	9,25	8,81	9,33	9,85	9,09	10,31	10,63
40	13,96	14,27	14,59	13,84	14,91	15,49	14,28	16,32	17,28
60	18,25	18,54	19,05	18,03	19,62	20,19	18,60	21,35	22,99
80	22,07	22,52	23,01	21,75	23,83	24,36	22,44	25,86	28,10
100	25,57	26,08	26,64	25,15	27,71	28,18	25,96	29,94	32,86
120	28,84	29,41	30,03	28,33	31,34	31,74	29,23	33,78	37,34
140	31,93	32,55	33,24	31,32	34,78	35,11	32,32	37,41	41,50

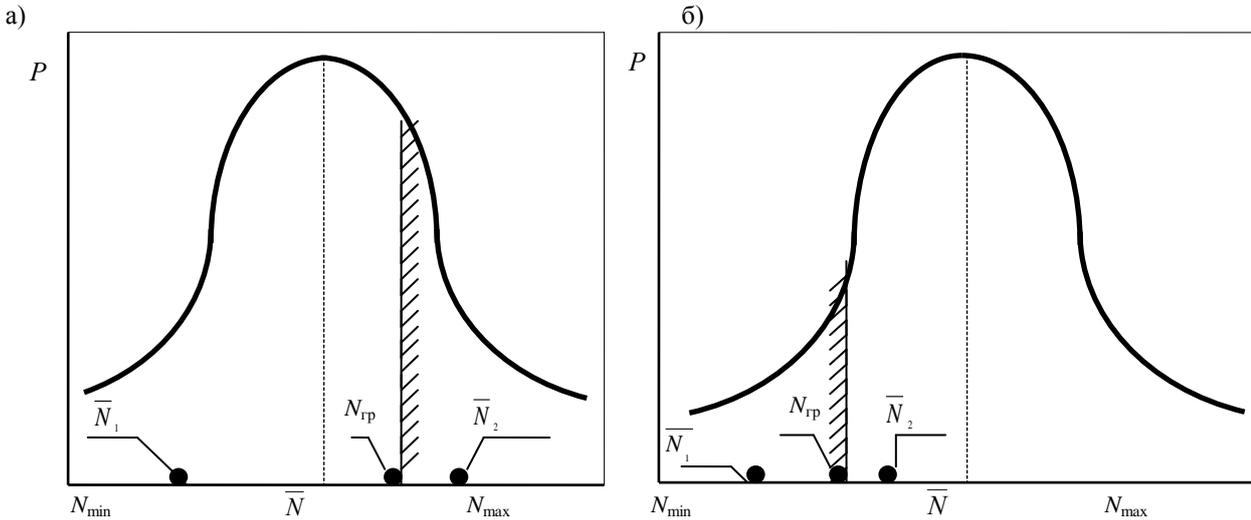


Рисунок 3 – Определение значения мощности струи вагонопотока в зависимости от $N_{гр}$

Очевидно, что если расчет ПФП вести на среднюю величину потока, то в качестве оптимального варианта будет принят план, приведенный на рисунке 4 б, так как $539 < 180 \cdot 3,0$, т. е. $539 < 540$.

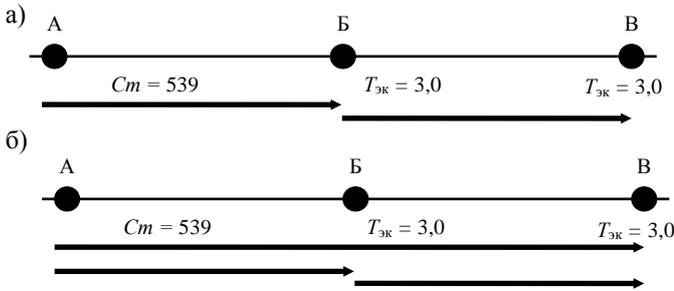


Рисунок 4 – Оптимальный вариант ПФП при изменении значений \bar{N}_1 и \bar{N}_2

Для оценки погрешности расчетов по методике [5], используя полученные формулы, а также правило «трех сигм» при $\bar{N} = 180$ и $N_{гр} = 200$ ваг. находим для нормального закона распределения мощности струй вагонопотоков

$$N_{\min} = \bar{N} - 3\sigma; \quad N_{\min} = 180 - 3 \cdot 37,7 = 66,9 \text{ ваг.}$$

По формуле А. П. Петрова

$$\alpha = N_{\min} / \bar{N} = 66,9 / 180 = 0,37.$$

Используя выражения (5) и (6), получим

$$\bar{N}_{\min} = [(1 + 0,37)/2] \cdot 180 = 123,3;$$

$$\bar{N}_{\max} = [(3 - 0,37)/2] \cdot 180 = 236,7.$$

В соответствии с вероятностной концепцией расчета, используя зависимости (20), (23), при $\bar{N} = 180$ ваг., $N_{гр} = 200$ ваг. получим

$$\sigma = 1,224 \cdot 180^{0,66} = 37,7 \text{ ваг.};$$

$$x = (200 - 180) / 37,7 = 0,54 \text{ ваг.};$$

$$\bar{N}_1 = 180 - [(37,7 / \sqrt{2} \cdot 3,14) e^{-0,1405} / 0,705] = 153,9 \text{ ваг.};$$

$$\bar{N}_2 = 180 + (37,7 / 0,3467 / 0,295) = 206,1 \text{ ваг.}$$

Размер ошибок, в результате принятого допущения

$$\Delta_{\min} = [(123,3 - 153,9) / 153,9] \cdot 100 \% = -19,9 \%;$$

$$\Delta_{\max} = [(236,7 - 206,1) / 206,1] \cdot 100 \% = 14,8 \%.$$

Еще большие ошибки в определении \bar{N}_{\min} и \bar{N}_{\max} имеют место при ассиметричных распределениях колебаний суточной мощности струй вагонопотоков. Такая ситуация, как показали исследования на станциях железных дорогах стран СНГ, имеет при малых значениях струй вагонопотока, то есть в большинстве сегодняшних ситуаций. В частности, если распределение колебаний мощности струй описывается законом Пуассона

$$f(N) = \frac{\bar{N}}{N!} e^{-\bar{N}}. \quad (28)$$

Для этого закона распределения колебаний мощности струй

$$\bar{N}_{\min} = \sum_{N_{\min}}^{\bar{N}} N \frac{\bar{N}^N}{N!} e^{-\bar{N}}, \quad \bar{N}_{\max} = \sum_N^{N_{\max}} N \frac{\bar{N}^N}{N!} e^{-\bar{N}}. \quad (29)$$

Например, если $\bar{N} = 10$ ваг., то

$$\bar{N}_{\min} = 0,0005 \cdot 1 + 0,0023 \cdot 2 + \dots + 0,125 \cdot 10 = 4,6 \text{ ваг.};$$

$$\bar{N}_{\max} = 10 + (0,1137 \cdot 11 + 0,0948 \cdot 12 + \dots + 0,0001 \cdot 24) = 15,4 \text{ ваг.}$$

По формулам (5) и (6) при рекомендуемом значении

$\alpha = 0,8 \bar{N}_{\min} = 9$ ваг., а $\bar{N}_{\max} = 11$ ваг.

Погрешность расчета наиболее вероятных значений вагонопотока в интервалах от N_{\min} до \bar{N} и от \bar{N} до N_{\max} составит $\Delta_{\min} = 95,6$ %, а $\Delta_{\max} = 28,6$ %.

Указанные погрешности расчетов автоматически перенесены и в формулы для расчета количества дней в году, когда понадобится корректировать распределение сортировочной работы между станциями при построении его на минимальные и средние потоки.

Период корректировки плана формирования, построенного на средние вагонопотоки, будет равен

$$\Delta T = \int_{\frac{c_{\Gamma}}{t_{\text{эк}}}}^{\frac{c_{\Gamma}}{2(1-\tilde{\alpha})}} \frac{c_{\Gamma}}{t_{\text{эк}} \bar{N}} d\bar{N} + \int_{\frac{2c_{\Gamma}}{(2-\tilde{\alpha})t_{\text{эк}}}}^{\frac{2c_{\Gamma}}{t_{\text{эк}}}} \frac{(2-\tilde{\alpha}) - \frac{c_{\Gamma}}{t_{\text{эк}} \bar{N}}}{2-\tilde{\alpha}} d\bar{N}, \quad (30)$$

где $\tilde{\alpha}$ – коэффициент, значения которого зависят от уровня колебаний транспортного спроса,

$$\tilde{\alpha} = \frac{\bar{N} - 3\gamma}{\bar{N}}. \quad (31)$$

Используя выражение (19) и выполнив преобразование, получим для симметричных распределений

$$\tilde{\alpha} = \frac{\bar{N} - a\bar{N}^b}{\bar{N}} = 1 - 3a\bar{N}^{b-1} = 1 - 3\gamma. \quad (32)$$

После решения (30) определяется период корректировки ПФП (в долях), построенного на средние вагонопотоки:

$$\Delta T_{\text{ср}} = \frac{1}{2} - \frac{2,31\text{lg}[(1+3\gamma)^2(1-3\gamma)]}{6\gamma}. \quad (33)$$

Аналогично установлен период корректировки ПФП при его расчете на минимальные потоки:

$$\Delta T_{\min} = \frac{3(1-\gamma)}{2(1-3\gamma)} - \frac{2,31\text{lg} \frac{(1+3\gamma)^2}{1-3\gamma}}{6\gamma}. \quad (34)$$

В условиях колебаний транспортного спроса нецелесообразно строить ПФП на средние, ни тем более, минимальные потоки. Гораздо эффективнее эту процедуру выполнять на основе математического ожидания струи вагонопотока в диапазоне от N_{\min} до \bar{N} . Очевидно, что в этом случае

$$\tilde{\alpha}_y = \frac{\bar{N}_1}{\bar{N}}, \quad (35)$$

где \bar{N}_1 – математическое ожидание мощности струи вагонопотока в диапазоне от N_{\min} до \bar{N} .

Для нормального закона распределения колебаний струй вагонопотока

$$\tilde{\alpha}_y = \frac{\bar{N}_1 - \frac{\sigma}{1,253}}{\bar{N}}. \quad (36)$$

Преобразуем (36), учитывая, что $\sigma = \gamma\bar{N}$:

$$\tilde{\alpha}_y = 1 - 0,798\gamma. \quad (37)$$

Период корректировки ПФП (в долях), ориентированный на математическое ожидание струи вагонопотока в зоне от N_{\min} до \bar{N} , равен

$$\Delta T_y = \frac{1}{2} - \frac{2,31\text{lg}[(1+0,798\gamma)^2(1-0,798\gamma)]}{1,596\gamma}. \quad (38)$$

Исследования показали, что если расчет вести на основе математического ожидания потока в диапазоне от N_{\min} до \bar{N} , то существенно сокращаются потери вагоно-часов и повышается эффективность перевозочного процесса.

Список литературы

- 1 **Негрей, В. Я.** Задачи совершенствования методики расчета плана формирования поездов / В. Я. Негрей, С. В. Дорошко // Межвуз. сб. науч. тр. по материалам Междунар. конф., посвященной 190-летию ун-та, 70-летию ф-та «Управление процессами перевозок» и 75-летию кафедры «Управление эксплуатационной работой». – СПб. : ПГУПС, 1999. – С. 22–24.
- 2 Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах СССР. – М. : Транспорт, 1984. – 256 с.
- 3 **Дорошко, С. В.** К вопросу оптимального распределения сортировочной работы между станциями полигона сети / С. В. Дорошко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : межвуз. сб. науч. тр. – Гомель : БелИИЖТ, 1992. – С. 93–97.
- 4 **Негрей, В. Я.** Новые подходы к распределению сортировочной работы между железнодорожными станциями / В. Я. Негрей, С. В. Дорошко // Тез. докл. по материалам Второй междунар. межвуз. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта». – М. : МГУПС, 1996. – С. 25–26.
- 5 **Петров, А. П.** План формирования поездов: Опыт, теория, методика расчетов / А. П. Петров. – М. : Трансжелдориздат, 1950. – 483 с.
- 6 **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, Н. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 247 с.
- 7 **Негрей, В. Я.** Распределение сортировочной работы в условиях колебаний вагонопотоков / В. Я. Негрей, Н. П. Негрей, С. В. Дорошко // Совершенствование технологии работы железнодорожных станций и узлов : межвуз. сб. науч. тр. – Гомель : БелИИЖТ, 1989. – С. 45–52.
- 8 Совершенствование системы распределения сортировочной работы на полигоне : отчет о НИР. Т I (договор Д/Ю 571 (2698) от 24.004.2002 г.) / рук. Н. В. Правдин; исполн.: М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев, В. Г. Гизатулина, И. А. Александрина, С. В. Дорошко. – Гомель : БелГУТ, 2003. 159 с.

Получено 25.11.2014

V. Y. Negrey, S. V. Doroshko. Estimated vaginaphoto for the development of train formation plan.

An analysis of the existing procedures for the selection of planned traffic volumes in the calculation of the plan of formation of trains. Proposes a more efficient procedure for calculating the wagon flow jets perform based on the expectation of probabilistic models.

УДК 004 : 001.891.57

А. К. ГОЛОВНИЧ, доктор технических наук, директор Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТРЕХМЕРНОГО ОБРАЗА ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

Исследуются функциональные возможности трехмерной модели железнодорожной станции, построенной на основе цифровых станционных объектов, имеющих технологические атрибуты. В качестве примера рассматривается модель работы крытого склада повагонных отправок с визуализацией всех операций в трехмерном представлении. Показаны обширные возможности практического применения данной модели, способной имитировать реальные технологические операции.

1 Общие положения. Трехмерное компьютерное представление железнодорожной станции является адекватным образом реальных объектов путевого развития и технического оснащения. Однако одного только фотореалистичного отображения внешнего вида парков, зданий и сооружений недостаточно для эффективного использования 3D-станции в решении широкого класса теоретических и прикладных задач. Важно формировать станционные структуры как полноценные объекты вместе с определяющими их свойствами, особенностями эксплуатации, остаточным ресурсом, конструкционной спецификой и пр. Цифровое представление станции позволяет включать в состав характеристик объектов всевозможные атрибуты, указывающие на форму, цвет, назначение. В перечень значимых параметров особого типа можно включать правила связи с другими объектами и взаимодействия с окружением данного объекта, описывать технологию работы отдельных парков, станционных подсистем и станции в целом. Таким образом, можно генерировать реальную станцию со всеми свойствами и связями в соответствующей трехмерной имитации на уровне *функционального прототипирования* отдельных объектов как связанной технологической системы.

Чтобы создать полноценную объектную 3D-реализацию станции, необходимо разработать концептуальную основу построения виртуального мира, в котором будет прописан каждый элемент по форме и содержанию. Как в работе реальной станции нет мелочей (важным оказывается техническое состояние пути, зависящее от зазора в стыках; своевременная выгрузка груза из вагона, зависящая от исправности автопогрузчика; производительность работы сортировочной горки, зависящая от режимов и способов торможения на подгорочных путях), так и в компьютерном макете станции должны воспроизводиться аналогичные операции с аналогичными требованиями (естественно, с определенной степенью детализации и погрешностью). Это значит, что на виртуальной станции железнодорожные пути должны функционировать в сборке всех рельсовых скреплений, шпальной решетки и нижнего строения; складские помещения в 3D-конструкции нужно проектировать так, чтобы в свойствах соответ-

ствующих объектов были прописаны размеры площадок, их назначение, технологические, служебные и пожарные проезды, маршруты следования погрузо-разгрузочной техники из вагонов и в вагоны; длительность хранения грузов, место нахождения бездокументных грузов; компьютерная имитация сортировочной горки в соответствующей базе данных должна содержать полную информацию о трехмерной геометрии и координатном позиционировании путей надвига и роспуска, назначении путей сортировочного парка, формализованном описании технологии работы с отцепами, запрещенными к роспуску с горки, технологии работы с отсевным путем. 3D-станция должна стать функциональным подобием своего прототипа.

В таком виде трехмерная компьютерная реализация является не только визуальным отображением всех станционных объектов, но и содержит существенную системную технологическую информацию, которую вместе с внешним образом можно использовать для решения конкретных задач. На примере трехмерного моделирования крытого склада рассмотрим возможный вариант решения задачи мониторинга за перемещением грузов из вагонов на склад и автомобилей.

2 Характеристические сечения 3D-станции по некоторому уровню. Объемные формы объектов железнодорожной станции представляют собой сложно-профильные топологические структуры с различной высотой (третьей координатой, получаемой при съемке станционных объектов с помощью электронных тахеометров). Высота таких объектов может быть постоянной (сигналы, предельные столбики) или переменной (занятый и свободный путь, железнодорожный переезд с поднятым или опущенным шлагбаумом, секция крытого склада с грузом и свободная от него). Сечения объемных цифровых объектов железнодорожной станции плоскостями позволяют получать соответствующие плоскостные следы, или срезы 3D-образа. Следует различать *сечения горизонтальные, вертикальные и свободные*. Пусть в некоторой среде трехмерного моделирования запроектирован крытый склад повагонных отправок с внешним железнодорожным путем, рампой и площадкой для грузовых операций с автомобилями (рисунок 1).

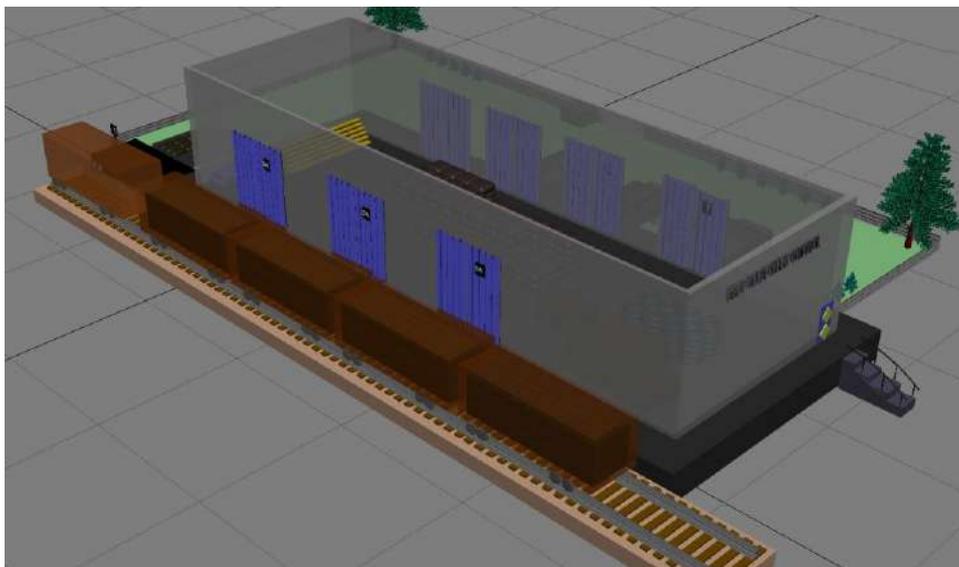


Рисунок 1 – 3D-имитация склада, выгрузочного пути и вагонов

Представленную структуру объектов путевого развития (ОПР) и технического оснащения (ОТО) погружаем в технологическую среду различных операций, производимых с участием крытого склада повагонных отправок. В результате имеем ряд фиксированных *ключевых кадров динамической картины*:

- 1 Крытый склад, свободный от груза, вагонов и автомобилей (исходная позиция).
- 2 Группа поданных вагонов к крытому складу, превышающая фронт работ.
- 3 Частично заполненный грузом крытый склад.
- 4 Ряд автомобилей под погрузку.
- 5 Перезаряженный фронт и выгруженный в склад груз.
- 6 Завершенные работы на складе (уборка порожних вагонов, отправление груженых автомобилей, наличие остатка груза на складе).

Каждый из указанных шести ключевых кадров может характеризоваться определенными параметрами, которые фиксируются геометрически с помощью сечений. Сечения могут быть *характеристическими* (указывающими на характерный параметр), *вторичными* (выявляющими незначимый признак) и *побочными* (с повторяющимися или теряющимися признаками). Набор характеристических сечений одного ключевого кадра называется *локальной сигнатурой комплекса технологических операций*. Множество локальных сигнатур с объединением всех характеристических сечений (горизонтальных, вертикальных и свободных) образует *глобальную сигнатуру* (ГСТО).

Свободные характеристические сечения определяют плоскостные срезы под любым произвольным углом с линией привязки в пределах пространства технологической среды. Подмножество таких сечений оказывается чрезвычайно велико, и для выделения определяющих требуется провести дополнительные исследования.

Свободное характеристическое сечение называется *значимым* (специфическим, определяющим существенное свойство ОПР и ОТО), если оно топологически отлично от любого другого, выводимого из всех свободных сечений данного пространства технологической среды. Следует отметить, что множество значимых сво-

бодных характеристических сечений на порядок больше аналогичных подмножеств горизонтальных и вертикальных характеристических сечений. Сечения под углом, какими являются свободные разрезы технологической среды, объединяют ряд вертикальных и горизонтальных сечений, которые называется *образующими* данное *свободное сечение*.

3 Значимые характеристические сечения инфраструктурно-технологической среды. Трехмерное моделирование существенно расширяет возможности структурного анализа компонентов масштабного плана с помощью визуализируемого ряда кадров. Существенным отличием от используемых в настоящее время подходов анализа, связанного с изучением двумерных масштабных планов, является формирование модели процессов, в которые одновременно вовлекаются путевое развитие и техническое оснащение. При этом возникает динамическая среда с изменением состояний ОПР и ОТО при выполнении соответствующих технологических операций. Идеальной моделью такого подхода является видеофильм, в котором динамически последовательно отражается изменение состояний станционных объектов в результате исполнения отдельных операций. На начальном этапе разработки 3D-подхода предлагается рассматривать общую динамическую картину сквозь призму отдельных временных сечений – ключевых кадров. Каждый ключевой кадр определяется как некоторый фотоснимок состояния станционных объектов. Например, крытый склад с примыкающим железнодорожным путем и площадками характеризуется состояниями каждого из образующих данный 3D-образ компонентов. Примечательно, что наиболее полную наглядность придает не одна, а, как минимум, две позиции ключевого кадра (как правило, с различных ракурсов съемки). 3D-образ – это не фотография, а стилизованный трехмерный конструктив, в котором отдельные объекты могут представляться в условно реалистичном виде. Например, крытый склад и вагоны изображаются полупрозрачными с целью правильного визуального представления о порожнем или груженом состоянии подвижного состава.

Определим локальную сигнатуру комплекса технологических операций для некоторого ключевого кадра 3D-образа. При этом рассматриваем только горизонтальные характеристические сечения как наиболее простую модель описания ключевого кадра. Сам ключевой кадр разделяется на три сегмента 3D-образа:

1) железнодорожный путь с вагонами или без них; если с вагонами, то порожними или гружеными; если гружеными, то каким грузом и в чей адрес; с выгрузкой в склад или по прямому варианту; если порожними, то для погрузки какого груза и в чей адрес;

2) крытый склад повагонных отправок с секционированием площадок хранения и определенным наличием груза на площадках для вывоза автотранспортом или для погрузки в вагоны;

3) площадка для стоянки под выгрузкой или погрузкой автомобилей с определенным фронтом одновременной работы погрузо-выгрузочных механизмов, а также возможной работы по прямому варианту.

Локальная сигнатура комплекса технологических операций позволяет закрыть полный контур связанных объектов путевого развития и технического оснащения, участвующих в обеспечении центрального компонента. В рассматриваемом примере таким компонентом является крытый склад, так как подавляющее большинство операций производится с его участием. Исключением из этого правила оказывается прямой перегруз на секции, где производится погрузка-выгрузка из вагона в автомобиль через высокую рампу без участия крытого склада. Горизонтальное характеристическое сечение на уровне отметки верха рампы охватывает все ОПР и ОТО, указывая на их текущее состояние.

Позиции характеристических сечений «На пути подачи» и «По фронту работы» определяются занятостью железнодорожного пути подвижным составом, но различаются вектором ориентации сопутствующих процессов. Для первой позиции – это взаимное расположение груженных и порожних вагонов с соответствующими грузами на пути у рампы, для второй позиции – это фиксация размещения вагонов у складских дверей. В общем случае эти позиции могут не совпадать.

Площадка для автомобилей также позиционируется по назначению грузов с определенными условными обозначениями. Следует отметить, что исследуемое горизонтальное характеристическое сечение (ГХС-1) является одним из возможных реализаций по срезам состояний связанных ОПР и ОТО. В представленной модельной схеме необходимо выделить описательную (ОК) и содержательную (СК) компоненты. В дальнейшем предлагается фиксировать ОК на уровне условных форм, всегда повторяемых различными ГХС. Выходные условные формы ОПР (одного или нескольких железнодорожных путей подачи) и ОТО (секционированной площадки для автомобилей) соответственно указываются как графические образы.

4 Основы программного макетного конструирования состояний технико-технологической среды. Трехмерная визуализация станционных тех-

нологических процессов обеспечивает более качественное натурное отображение и восприятие различных состояний среды, приближая модельные образы к фото- и видеорядам реальной съемки. Рассмотренный пример работы склада повагонных отправок может быть реализован в следующей программной модели. Каждое конкретное состояние ОПР и ОТО представляется некоторым срезом двумерного и трехмерного изображений конкретной позиции горизонтального характеристического сечения. Исходный вид программной формы представлен на рисунке 2.

Программные структуры позволяют отслеживать состояние трех сегментов ключевого кадра: ОПР (наличие порожних или груженных вагонов на пути); ОТО2 (наличие груза по секциям склада); ОТО1 (наличие груженных или порожних автомобилей). При этом возможен общий обзор состояния всей системы в целом. Особенностью просмотра формируемых слайдов является некоторая неоднозначность привязки определенного состояния ко времени из-за наличия последовательных и параллельных процессов перехода. Поэтому при выполнении параллельных процессов на некоторой j -й позиции ГХС(j) выделяются k фиксированных параллельных видов, которые оказываются взаимозаменяемыми.

Объединение масштабных 2D- и 3D-изображений на одном программном поле позволяет контролировать отдельные изменения в положении объектов и выполнение технологических операций в реалистичном (но виртуальном) мире. Управление объектами путевого развития и технического оснащения на схемах ГХС(jk) производится посредством фиксирования соответствующего элемента на программной форме и перемещения его левой клавишей мыши на соответствующее место графического изображения (см. рисунок 2). По результатам данного анализа при наличии груза на складе, обеспечивающего повагонную отправку, на схеме характеристического сечения и на макетном образе проводятся соответствующие изменения.

Следует отметить, что в автоматическом режиме высчитывается оптимальная последовательность операций по погрузке вагонов и автомобилей, что отражается с помощью стрелок, соединяющих соответствующие ОПР и ОТО. Если изменить способ моделирования на «Выбор оператора», то программные рекомендации можно изменять. Более того, даже при неполной загрузке вагона или автомобиля можно зафиксировать принятое оператором решение, которое найдет свое отражение на схеме характеристического сечения.

Поле «Макетный образ» претерпевает адекватные изменения согласно принятым программным и операторным воздействиям. Эта область информационного пространства позволяет полностью погрузиться в среду трехмерных объектов и с помощью средств навигации визуализировать положение груза на отдельных секциях склада, состояние подвижного состава (наблюдать на всплывающих динамических окнах процесс их погрузки или разгрузки).

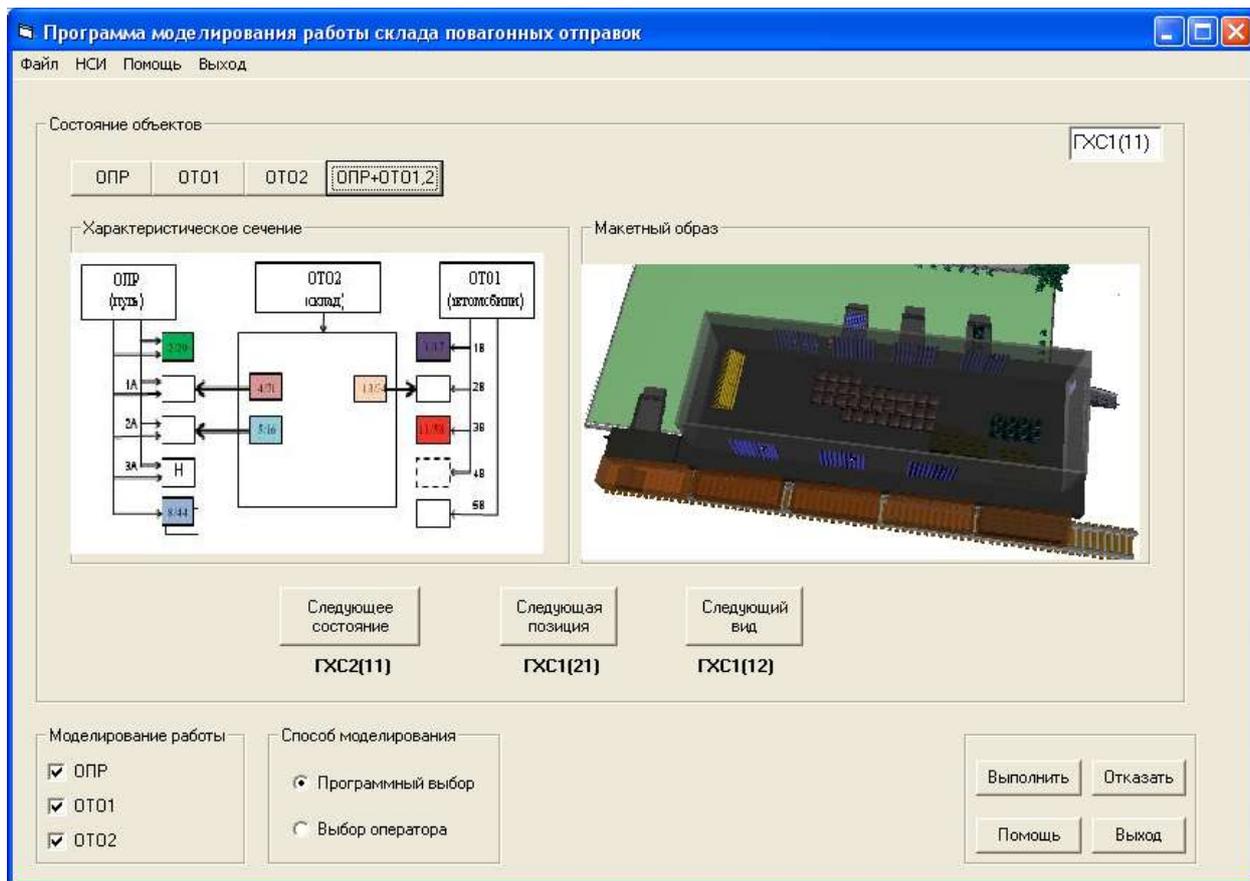


Рисунок 2 – Общий вид загрузочной формы пакета 3D-SKLAD

Благодаря формированию полнофункциональной базы данных окно «Макетный образ» позволяет моделировать состояние складских помещений с учетом существующего положения при некотором графике подхода вагонов и автомобилей. Решается и обратная задача: при заданном состоянии складских помещений рассчитывается такой график подвода вагонов и автомобилей, который минимизирует наличие груза на секциях. Такая задача оказывается весьма полезной на практике при необходимости снятия наличия груза на складе, проведения уборки, профилактических и ремонтных работ и др.

3D-моделирование формирует виртуальную среду, которая благодаря своей масштабной основе максимально приближается к реальному миру. Погружение в этот мир с помощью визуальных и сенсорных устройств превращает программные образы в осязаемые структуры, малоотличимые от реальных объектов. При этом этот виртуальный мир оснащен мощным инструментом прогнозирования, который позволяет заглянуть в ближайшее обозримое будущее, ожидающее склад повагонных отправок, погрузо-выгрузочные пути, площадку погрузки и разгрузки автомобилей.

5 Локальные базовые плоскости качественного отображения объектов станции и их состояний. Формирование $GXC_i(jk)$ представляет собой фиксированный плоскостной срез конкретного слоя трехмерной структуры с отражением изменений во времени. Эти изменения связаны с перемещением объектов (вагонов, грузов, автомобилей). Если формируемые $GXC_i(jk)$ определяют изменения через определенные промежутки времени, то такое подмножество горизонтальных ха-

рактеристических уровней называется *периодическим*. Если из множества периодических $GXC_i(jk)$ можно построить последовательность сечений со строго одинаковым периодом, то имеем структуру *линейных периодических* $GXC_i(jk)$. Если некоторые сечения в последовательности получены через время t , большее установленного периода t_s , то получаем линейку *условно периодических* ГХС.

Линейные периодические множества сечений обладают свойством постоянства перемещения во времени с фотографированием текущего состояния ОПР и ОТО. В некоторых случаях целесообразно хранить объектные состояния через промежутки времени, имеющие нелинейную зависимость от номера состояния. Данные последовательности ГХС называются *нелинейными множествами*. Например, на складе повагонных отправок работа по разгрузке вагонов ускоряется по причине необходимости освобождения крытых вагонов для подачи под погрузку согласно регулировочному заданию. В этом случае $t_s(i+1) < t_s(i)$, начиная с некоторого номера состояния i . Это значит, что $i+1$, $i+2$ и т. д. состояния ОПР и ОТО фиксируются через уменьшающиеся периоды времени согласно некоторой зависимости. На практике оказываются возможными более сложные схемы, когда по одному фронту погрузо-выгрузочные операции ускоряются, а по другому в то же время замедляются. Если имеет место изменение состояния по выделенному ОПР, и в этот же момент времени любые изменения по ОТО отсутствуют, то формируются *частичные сечения* с отображением только изменившегося состояния. Так как все 2D- и 3D-формы ОПР и ОТО

имеют модульную схему своего формирования, то в частичное сечение легко включить соответствующую позицию из предыдущего ГХС $i(j, k-1)$ -состояния.

Все полученные сечения являются функцией времени, поэтому запись $\{ГХСi(jk)\}(t_p)$ указывает на плоскостной графический срез состояния ОПР и ОТО в момент времени t_p . При этом необходимо учитывать, что в нашей модели все процессы имеют дискретный характер. Это значит, что на протяжении некоторого промежутка времени $(t_R - t_p)$ характеристическое сечение будет неизменным, а на момент времени t_R происходит переход

$$\{ГХСi(jk)\}(t_p) \rightarrow \{ГХСi(j, k + 1)\}(t_R).$$

Рассматривая смежные характеристические сечения или ключевые кадры виртуальной видеопоследовательности, можно восстановить видеоряд промежуточных кадров, переводящих систему из состояния ГХС $i(j, k)$ в состояние ГХС $i(j, k + 1)$. Так как система переходит в новое состояние благодаря изменению положения отдельных объектов (груза, вагонов, автомобилей), то нужно указать путь их перемещения. Этот путь (*трекинг объектов кадра*) может быть единственным (безальтернативным) или множественным (вариантным).

Безальтернативный трекинг объектов кадра однозначно определяет путь перемещения ОПР или ОТО. Например, уборка группы вагонов с погрузо-выгрузочного пути, выгрузка вагона по прямому варианту.

Вариантный трекинг объектов требует задания пути с выбором из нескольких существующих. Например, выгрузка груза из вагона в склад может производиться через две двери ангара, после выгрузки одиночного вагона возможна либо его уборка, либо перемещение на фронт погрузки на этом же пути. Поэтому, если имеет место вариантный трекинг, то его функциональным аргументом является путь перемещения, как некоторая пространственная кривая, связующая два смежно расположенных состояния ГХС.

Динамическую структуру трехмерного образа составляют ключевые и промежуточные кадры горизон-

тального характеристического сечения. Количество промежуточных кадров между смежными ГХС называется *характеристическим расстоянием*. Если это расстояние по всему ряду рассматриваемых ГХС оказывается одинаковым, то оно называется *характеристическим периодом*. Последовательность промежуточных кадров между ГХС $i(j, k)$ и ГХС $i(j, k + 1)$ определяет степень детализации процесса изменения состояния изучаемой системы, а также указывает на длительность выполнения соответствующей операции. Например, выгрузка в адрес одного получателя вагона пакетированных метизных изделий, укладываемых на выделенную площадку ангара с точки зрения конструируемой виртуальной действительности, представляет собой ряд промежуточных кадров с различием по начальным и конечным (завершающим) фрагментам, так как каждый следующий цикл выгрузки пакета производится из другой точки вагона, и каждый следующий цикл укладки пакета – в другую точку площадки склада. Такая последовательность промежуточных кадров называется *слабодифференцированной*. Из всех кадров можно выделить константную видеоформу, идентичную по всему видеоряду промежуточных фрагментов смежных ГХС.

Выводы. Трехмерные модели путевого развития и технического оснащения станции могут стать высокоэффективным инструментом анализа работы отдельного пункта при условии формирования отдельных цифровых стационарных объектов как связанных технологических структур, в которых технические характеристики дополняются технологическими. В противном случае 3D-образ станции является только презентабельной реалистичной формой исходного прототипа, не обладающего внутренней структурой, не имеющего способностей реагировать на окружение других объектов и взаимодействовать с ними. Только насыщение 3D-объектов технологическими атрибутами позволит уверенно решать на модели многие задачи прогнозирования отказов устройств, оценки остаточного ресурса, планирования ремонтов, расчета потребности в расходных материалах и др.

Получено 10.10.2016.

A. K. Golovnich. Object basis for development of 3D-models railway stations on the basis digital scale plans.

In clause the initial positions of formation digital three-dimensional models of railway stations on a object basis of the approach are considered. With the purpose of development three-dimensional, technical and technologically adequate to real separate items, the digital 2D-plans are supposed to be detailed on structure and properties of graphic representations, composing them, of station objects.

УДК 656.225:656.022.865

И. А. ЕЛОВОЙ, доктор экономических наук, Е. Н. ПОТЫЛКИН, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ТРЕБОВАНИЯ К ПОВЫШЕНИЮ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Рассмотрены проблемы Белорусской железной дороги, связанные с требованиями ее клиентов при организации перевозки грузов с использованием путей необщего пользования, которые оказывают влияние на конкурентоспособность логистических схем доставки. В связи с этим необходимы научные исследования по оценке взаимодействия станций с железнодорожными путями необщего пользования промышленных предприятий, что позволит формировать эффективные логистические схемы доставки грузов.

Необходимость в строительстве новых и развитии существующих путей необщего пользования возникла в послевоенный период из-за отсутствия автодорог, разрушенных в военное время, что снижало темпы восстановления народного хозяйства страны и не обеспечивало требуемых объемов перевозок на железных дорогах. В связи с этим особую актуальность приобрели малодеятельные пути необщего пользования со среднесуточным вагонооборотом до 5 вагонов, которые составляли 70 % от их общего количества и имели территориальную рассредоточенность на сети железных дорог, что требовало создания предприятий промышленного железнодорожного транспорта. Это способствовало концентрации маневровой работы по обслуживанию путей необщего пользования локомотивами данных предприятий, что привело к ее уменьшению на путях станций и увеличению их пропускной способности. С распадом Советского Союза произошло снижение объемов перевозок и, как следствие, закрытие ряда предприятий промышленного железнодорожного транспорта и неконкурентоспособность малодеятельных железнодорожных путей необщего пользования по отношению к автотранспорту при разработке логистических схем доставки грузов.

В настоящее время на рынке транспортных услуг, который характеризуется различными схемами доставки грузов, заметна тенденция роста конкуренции, что связано с привлечением новых юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, принявших на себя обязанность доставки вверенного им отправителем груза из пункта отправления в пункт назначения, а также выдачи его управомоченному на получение лицу (получателю) согласно договору перевозки. Схемы доставки грузов, являясь элементами логистических цепей движения ресурсов, обеспечивают их перемещение между различными логистическими центрами.

Рынок транспортных услуг формируется из различных схем доставки грузов, которые характеризуются объемом перевозки и сроком ее доставки, обеспечением сохранности по маршруту следования и другими параметрами, представленными в таблице 1.

Из таблицы видно, что первые три параметра рассчитываются и ограничены соответственно объемом

Таблица 1 – Характеристика схем доставки грузов

Параметры	Характеристика	Предельный уровень
Количественные	Объем перевозки грузов	Объем спроса
	Размер провозных платежей	Верхние пределы, зависящие от цены конечной готовой продукции на рынке
	Срок доставки грузов	Верхние пределы, зависящие от цикла производства и реализации товара
Качественные	Обеспечение сохранности грузов	Сохранная перевозка
	Транспортно-экспедиционное обслуживание	Полный комплекс услуг

спроса и ценой конечной готовой продукции на рынке, а также конкурентоспособным циклом производства и реализации товара. Следует отметить, что при транспортировке груза с использованием железнодорожного транспорта взаимодействие перевозчика и грузовладельца происходит на путях общего или необщего пользования, где выполняется основная часть грузовых операций на Белорусской железной дороге [2, с. 5]. Поэтому удовлетворение потребностей населения и организаций в грузовых перевозках является одной из приоритетных задач железнодорожного транспорта, что требует выбора оптимальных режимов взаимодействия железнодорожных станций и путей необщего пользования промышленных предприятий. Данное взаимодействие необходимо рассматривать в рамках логистических схем доставки грузов с учетом не только взаимодействия грузовладельца с перевозчиком, но и накопления продукции на отправку у отправителя и потребление у получателя, основанного на следующих требованиях: прозрачность и приемлемость платы за оказываемые услуги, выполнение сроков доставки, сохранность груза, доступность услуг и удобство работы с перевозчиком. Для схемы доставки груза со сложной структурой указанные требования предъявляются ко всем ее составляющим. Анализ существующих требований, исходя из проблем взаимодействия железнодорожных станций и путей необщего пользования, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Проблемные вопросы, связанные с требованиями, предъявляемыми грузовладельцами к перевозчику

Требования	Проблемы	Варианты решения
Приемлемость платы за оказываемые услуги на путях необщего пользования	Погашения неустойки за задержку вагонов, контейнеров свыше 24 часов путем вычета денежных сумм из заработной платы работников	Замена неустойки платой либо отмена неустойки
	Скачкообразное увеличение тарифа за подачу и уборку вагонов с увеличением расстояния	Изменение расчетной формулы для определения тарифа за подачу и уборку вагонов
Доступность услуг и удобство работы клиентов с железной дорогой	Невысокий уровень транспортно-экспедиционного обслуживания	Развитие транспортно-экспедиционного обслуживания до уровня «одного окна» за счет автоматизации процессов, разработки технологии взаимодействия центров транспортного обслуживания с клиентами Белорусской железной дороги
	Трудности при организации перевозки грузов железнодорожным транспортом за пределы Республики Беларусь	Разработка и утверждение нормативно-правовой документации совместно с определением оптимальной структуры вагонного парка по принадлежности вагонов
Сохранность груза	Малая эффективность использования универсального оборудования для выполнения определенных операций	Применение специализированного подвижного состава
Выполнение приемлемых сроков доставки	Несвоевременность подачи вагонов на пути необщего пользования	Введение договорных сроков подачи вагонов под выгрузки после оформления документов или уборки после получения уведомления о готовности вагонов к уборке с пути необщего пользования

Приемлемость платы за оказываемые услуги на путях необщего пользования. На конкурентоспособность схем доставки грузов с использованием путей необщего пользования большое влияние оказывает величина платы за пользование вагонами железной дороги. Как известно, за собственные, арендованные вагоны плата с грузовладельца не взимается при нахождении их на путях необщего пользования. В условиях дефицита вагонного парка была введена неустойка за задержку одного вагона, контейнера свыше 24 часов. В настоящее время наблюдается избыток вагонного парка, что требует отмены определенной законодательством или договором денежной суммы, уплачиваемой при неисполнении или ненадлежащем исполнении обязанностей участников договора. Это объясняется тем, что клиенты с целью

избегания выплат по неустойке стараются меньше использовать вагоны железной дороги, при этом все чаще пользуются частными вагонами. Приемлемость платы за услуги может быть обеспечена заменой неустойки платой.

Кроме того, в настоящее время существует проблема, связанная с определением величины платы за подачу и уборку вагонов на расстояние свыше 10 км, поскольку размер платы при длине рейса подачи (уборки), равной 20 км, больше, чем при 25 или 30 км, что нелогично (таблица 3). Из рисунка 1 видно, что на железных дорогах России, Украины, Казахстана тариф за подачу и уборку вагонов повышается с увеличением расстояния, а на Белорусской железной дороге он изменяется скачкообразно.

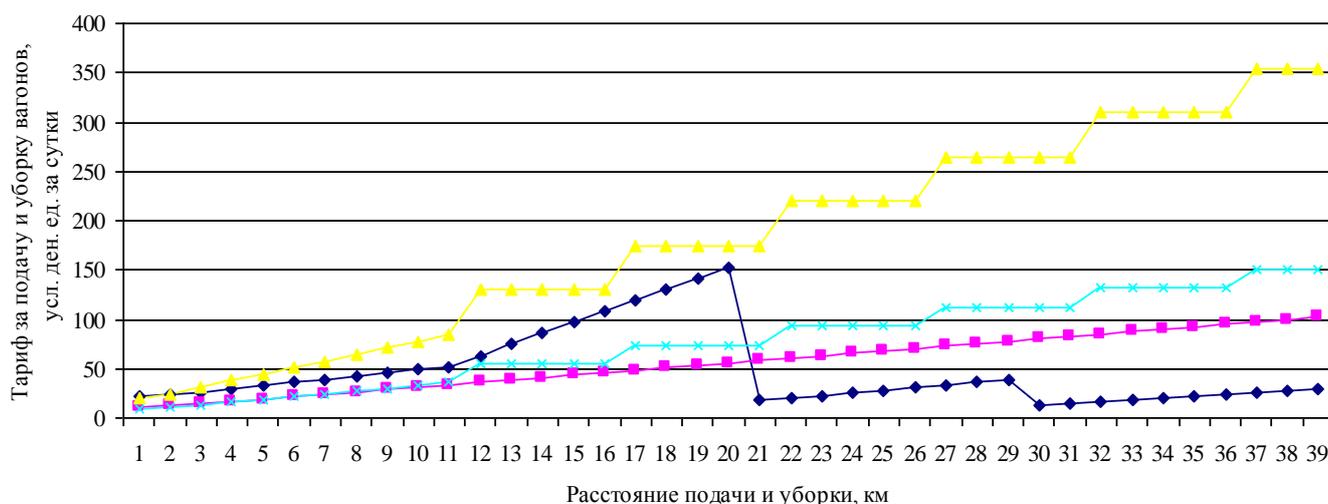


Рисунок 1 – График зависимости тарифа от расстояния подачи и уборки вагонов локомотивом дороги:

- ◆— Белорусская железная дорога ;
- ▲— железные дороги Украины ;
- железные дороги России ;
- ×— железная дорога Казахстана ;

Таблица 3 – Тарифы за подачу и уборку вагонов на пути необщего пользования локомотивом организаций Белорусской железной дороги

Расстояние подачи и уборки в оба конца, км	15	17	20	23	25	30
Тариф, условных денежных единиц за сутки	97	119	153	22	28	13

При расчете плат за подачу используются формулы, где предполагается подача вагонов на расстояние до 5 км и выполнение маневровой работы, связанной с расстановкой и уборкой вагонов в вагоно-подачах. Данная задача требует своего решения, поскольку при подаче на большее расстояние должна быть расчетная формула, соответствующая затратам вывозных и перелачных поездов.

Выполнение приемлемых сроков доставки грузов. В настоящее время не до конца решен вопрос о степени влияния частного, арендованного подвижного состава на величину оплачиваемого времени. Выполнение сроков доставки во многом зависит от своевременности подачи вагонов на пути необщего пользования локомотивом железной дороги. Решением данной проблемы может быть введение договорных сроков, в течение которых станция должна подать вагоны под выгрузку после оформления документов или убрать их после получения уведомления о готовности вагонов к уборке [4, с. 11]. Однако существуют трудности при определении критериев, по которым должен определяться данный срок, поскольку сроки доставки грузов при обслуживании железнодорожных путей предприятий локомотивами различной принадлежности значительно отличаются. При обслуживании пути необщего пользования локомотивом железной дороги, в первую очередь им выполняется маневровая работа на станции, а подача и уборка вагонов – во вторую очередь, что приводит к увеличению срока доставки груза. В результате выплаты за просрочку в доставке грузов оказываются недостаточными для компенсации потерь грузополучателя, что требует разработки оптимальных режимов взаимодействия железнодорожных станций и путей необщего пользования, обслуживаемых локомотивом железной дороги. Кроме того, для крупных предприятий (ОАО «Беларуськалий», ОАО «Гродно Азот» и др.) требуются исследования, связанные с целесообразностью подачи вагонов по расписанию, через равные интервалы времени, по уведомлению. При таком подходе возможна реализация правил логистики, таких как доставка «точно в срок», доставка «от двери до двери» и т. п.

Сохранность груза. Принцип логистики «управление качеством» предусматривает отказ от использования универсального оборудования, поскольку для выполнения определенной операции оно менее эффективно по сравнению со специальным оборудованием [3, с. 18]. Применение специализированного подвижного состава непосредственно влияет на сохранность, поскольку он учитывает все свойства предназначенного для перевозки в нем груза. Ускорением перехода к специализированному подвижному составу может послужить опыт западноевропейских стран и США, где доля универсального подвижного состава от общего количества эксплуатируемых вагонов меньше доли специализированного. Кроме того за рубежом сделали следую-

щий шаг в развитии специализированного по роду перевозимых грузов вагонов, унифицируя конструкции вагонов для различных способов осуществления погрузочно-разгрузочных операций. Например, специализированные крытые вагоны в Европе имеют подвижные стены, которые сдвигаются в крайнюю сторону, или имеют трехсекционную стенку, которая так же сдвигается вдоль кузова на 2/3 длины вагона. Такая конструкция позволяет производить погрузку крытого вагона через верх краном, а также и с пандуса автопогрузчиком. Поэтому отказ от универсального подвижного состава и переход к использованию специализированного может привести к улучшению сохранности предъявленного к перевозке груза и созданию условий для механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ, что приводит к повышению конкурентоспособности схем доставки с участием железной дороги.

С целью реализации обеспечения сохранности грузов необходимо исследование режимов взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования при наличии в вагонном парке большой доли частных и арендованных вагонов, а также технологии работы с такими вагонами. Обычно пригодность такого подвижного состава в коммерческом отношении определяется у мест погрузки продукции, однако оптимальным же является вариант, когда она определяется заранее, по прибытии вагонов на железнодорожную станцию, к которой примыкает путь необщего пользования. Определение коммерческой пригодности у мест погрузки приводит к дополнительной маневровой работе, связанной с движением маневрового состава до грузового фронта и обратно на станцию. Кроме того с развитием научно-технического прогресса увеличивается доля перевозок опасных грузов, что приводит к замедлению маневровых операций, связанному с запретом роспуска, осаживанием вагонов и т. п.

Обеспечение доступности услуг и удобства работы клиентов с железной дорогой может быть достигнуто с развитием транспортно-экспедиционного обслуживания до уровня «одного окна» за счет автоматизации процессов взаимодействия. Упрощение системы планирования за счет эффективного взаимодействия клиентов с центром транспортного обслуживания и центром управления перевозками сделает более удобной работу клиентов с железной дорогой. Также удобство обеспечивается обоснованием схем доставки грузов, поскольку экспедиторская организация может выполнить расчет платы за их перевозку не только по территории Республики Беларусь, но и для всей схемы доставки при импорте либо экспорте ресурсов. Стоит отметить, что в соответствии с концепцией развития грузового хозяйства Белорусской железной дороги предусматривается создание системы централизованного транспортного обслуживания для путей необщего пользования с небольшим вагонооборотом. Поэтому транспортно-логистические центры вместе с экспедиторскими организациями должны оказывать весь комплекс услуг, включая разработку схем размещения и крепления грузов, что будет способствовать улучшению сохранности перевозимых грузов.

Кроме того, в настоящее время существуют проблемы при организации перевозки грузов железнодорож-

ным транспортом за пределы Республики Беларусь. С ростом количества собственного подвижного состава в России и Казахстане вагоны Белорусской железной дороги стали возвращаться оттуда в порожнем состоянии, так как железные дороги этих стран не заинтересованы загружать обратный рейс вагонов, поскольку в ситуации с избытком вагонного парка не будет использован свой подвижной состав. А при доставке грузов по территории Украинских железных дорог взыскивается плата с грузополучателей за пользование вагонами Белорусской железной дороги в течение времени их нахождения на территории Украины, тем самым компенсируя расходы дороги за пользование ими. Это приводит к отказу грузополучателей от перевозки грузов в вагонах Белорусской железной дороги. Поэтому должна быть разработана и утверждена нормативно-правовая документация и определена оптимальная структура вагонного парка по принадлежности вагонов.

Выводы:

1 Для повышения конкурентоспособности логистических схем доставки грузов с использованием железнодорожного транспорта необходимо полное удовлетворение требований клиента, предъявляющего груз к перевозке.

2 В настоящее время у транспортного комплекса Республики Беларусь существует необходимость в развитии инфраструктуры путей необщего пользования с целью удовлетворения всех требований ее клиентов ввиду увеличения числа частных и арендованных вагонов.

Получено 07.12.2016

I. A. Elovoy, Y. N. Potylkin. Requirements for improving the competitiveness of logistic schemes of delivery cargo by sidetracks.

Describe how to find patterns of technological parameters in the logistic and the normal patterns of delivery and set numerical characteristics of the studied random variables such as waiting for the innings cars, the interval between innings and other. The research results can be used to identify effective modes of interaction railway stations with sidetracks industrial enterprises.

The existing problems of the Belarusian railway related requirements of its customers. The relation between the requirements of customers and the competitiveness of logistic schemes of cargo delivery by railway sidetracks. The results of the study indicate the need for scientific research on the interaction of railway stations with sidetracks of industrial enterprises

3 Совершенствование технологии работы грузовых станций Белорусской железной дороги невозможно без глубокого научного исследования режимов их взаимодействия с путями необщего пользования.

Список литературы

1 **Григорюк, В. Ф.** Оптимизация взаимодействия пунктов погрузки и выгрузки вагонов / В. Ф. Григорюк. – М. : Транспорт, 1986. – 79 с.

2 Учет продолжительности времени нахождения вагонов на подъездных путях и железнодорожных станциях : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 100 с.

3 **Еловой, И. А.** Логистика : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 163 с.

4 **Гарлицкий, Е. И.** Совершенствование технологии обслуживания железнодорожных путей необщего пользования : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. И. Гарлицкий ; Московский гос. ун-т путей сообщения. – 2015. – 24 с.

5 **Еловой, И. А.** Основы коммерческой логистики : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 184 с.

6 **Еловой, И. А.** Интегрированные логистические системы доставки ресурсов : теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с. – (Сер. «Мировая экономика»).

7 **Еловой, И. А.** Интеграция предприятий в сложные логистические системы : науч. доклад / под науч. ред. В. Ф. Медведева; Институт экономики НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2013. – 50 с. – (Сер. «Мировая экономика»).

8 Сборник правил перевозок и тарифов железнодорожного транспорта общего пользования. – Минск : Пересвет, 2013. – 424 с.

УДК 656.212.5

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, В. Г. КОЗЛОВ, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; В. Г. БЕКЕШ, заместитель начальника службы перевозок, Белорусская железная дорога, г. Минск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ПРОГНОЗНЫХ ВАГОНОПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ПЛАНА ПОГРУЗКИ ДОРОГИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «ДИНАМИЧЕСКАЯ КАРТА»

Процесс формирования расчетных вагонопотоков для определения плана формирования грузовых поездов является весьма трудоемким и осуществляется преимущественно с использованием эталонов распределения, установленных по статистическим данным. Однако данный метод идентификации вагонопотоков не позволяет учитывать динамичные изменения как объемов и структуры грузопотоков, так и маршрутов следования вагонопотоков в железнодорожной сети. Для решения проблемы авторами разработана общая методика обработки данных о плановых (прогнозных) грузопотоках и расчета размеров движения поездов на участках инфраструктуры на перспективу. В методике предлагается использовать ситуационно-аналитическую модель, которая позволяет учитывать динамику изменения характеристик корреспонденций грузопотока. В качестве инструмента для определения прогнозных корреспонденций, вагонопотоков предложено использовать интеллектуальные системы анализа транспортных потоков, базирующихся на применении математических методов программного обучения.

Эффективность работы железнодорожного транспорта при организации перевозок грузов в значительной степени зависит от выбранной системы организации вагонопотоков в поезда потребных категорий и назначений. Поиск оптимальной организации вагонопотоков позволяет решить ряд важных задач: соблюдение нормативного времени доставки грузов и нахождения вагонов на участках инфраструктуры; снижение себестоимости перевозок, повышение производительности локомотивов и вагонов, рациональное использование маневровых средств, сортировочных устройств и путевого развития станций.

Задача выбора оптимального плана формирования (ОПФ) является общесетевой, поэтому администрации железных дорог, участвующие в совместной организации вагонопотоков, ежегодно согласовывают плановые (прогнозные) объемы перевозок и маршруты следования межгосударственных (междорожных) корреспонденций. Согласованные данные используются в дальнейшем при выборе сетевого и внутридорожных ОПФ грузовых поездов, которые корректируется с учетом технических ограничений и наличной пропускной способности объектов инфраструктуры и позволяют установить транспортную нагрузку на станции и участки железнодорожной сети.

Определение ОПФ непосредственно зависит от полноты и достоверности данных о плановых (прогнозных) объемах перевозок – расчетных вагонопотоках. Идентификация и расчет вагонопотоков представляет собой трудоемкий процесс по обработке значительного массива данных о корреспонденциях грузов (по заявкам отправителей) и определение их назначений на полигоне железнодорожной сети. Использование на практике эталонов распределения, полученных на основе обработки отчетных данных, позволяет упростить решение данной задачи, но не учитывает динамику и тенденции изменения объемов грузопотоков на транспортном рынке и маршрутов

следования потоков по участкам железнодорожной инфраструктуры.

Формирование актуальной и достоверной модели расчетных вагонопотоков позволяет снизить потери в эксплуатационной работе, т. к. незначительные колебания мощности корреспонденций изменяют условия выгоды выделения назначений, требуют корректировки ПФ и влияют на затраты на организацию вагонопотоков. Уровень информационных технологий, используемых на железнодорожном транспорте Республики Беларусь, позволяет решать задачи системы организации вагонопотоков методом сетевого моделирования вагонопотока с применением более эффективных информационно-аналитических инструментов, повышающих достоверность плановых (прогнозных) вагонопотоков.

На Белорусской железной дороге создана специальная рабочая группа, которая во взаимодействии с потребителями транспортных услуг осуществляет оперативный мониторинг изменений грузопотоков на участках Белорусской железной дороге. Основной задачей деятельности рабочей группы является прогнозирование транспортной работы на основе государственных и отраслевых планов роста экономики страны, выпуска товарной продукции на предприятиях, ретроспективного анализа изменения транспортного потока по видам сообщения (транзит, экспорт, импорт груза), ситуационного анализа состояния транспортного рынка государство-партнеров.

Для достижения поставленной цели рабочей группой Белорусской железной дороги совместно с сотрудниками Белорусского государственного университета транспорта разработана и предложена общая методика сбора данных о прогнозных грузопотоках и расчета размеров движения поездов на участках инфраструктуры на перспективу. Моделирование объемов поездной работы позволяет дать оценку использования наличной пропускной способности объектов инфраструктуры железной дороги при обосновании мер развития железнодорожного транспорта. В качестве инструмента для определения прогнозных корреспонденций вагонопото-

ков в методике предлагается использовать интеллектуальные системы анализа транспортного потока – комплекс программных средств, в реализации которых применяются математические методы программного обучения.

Методологические подходы к сбору данных о прогнозных грузопотоках. Для определения потребной пропускной способности объектов инфраструктуры на перспективу необходимы следующие характеристики прогнозных объемов грузоперевозок:

- станция отправления; основные грузообразующие грузоотправители; род груза;
- станция назначения; страна назначения; регион назначения (железная дорога назначения);
- прогнозные значения объемов перевозок на плановый год и прогнозный период.

Характеристики прогнозных грузоперевозок должны позволять определять маршруты следования каждой корреспонденции по железнодорожной сети. Для этого грузопотоки должны быть представлены в таблице соответствующей формы (таблица 1). При заполнении таблицы учитываются следующие особенности:

1) по возможности указывается станция назначения груза;

2) если станция назначения груза не известна, то в соответствующих графах проставляются прочерки и указывается предполагаемая страна и регион назначения (железная дорога);

3) на станциях, где объем погрузки составляет менее значимого для прогноза значения, формируется отдельная графа "все оставшиеся грузопотоки";

4) в примечании при необходимости указывается наименование новых грузообразующих предприятий и ожидаемый срок ввода их в эксплуатацию (начала эксплуатационной стадии);

5) при планировании перевозки несколькими видами транспорта в графе станция назначения указывается станция перевалки груза.

Отсутствие в плановых (прогнозных) заявках станции назначения увеличивает неопределенность решения задачи. Снижение энтропии может быть достигнуто за счет создания самообучающихся моделей на основе ретроспективного ситуационного анализа перевозки грузов на участках инфраструктуры.

Таблица 1 – Прогноз объемов железнодорожных грузоперевозок

В тысячах тонн

Станция отправления	Основные грузообразующие грузоотправители	Род груза (код груза)	Предполагаемое назначение груза			Прогноз			Примечание	
			Страна	Регион (железная дорога назначения)	Станция назначения	на плановый год	на прогнозный период			
							20..
Станция 1	A	A.1	Россия	Московская ж.д.	–	Γ_1^{A1}	Γ_2^{A1}	Γ_3^{A1}	Γ_4^{A1}	
	A	A.2	Литва	Литовская ж.д.	–	Γ_1^{A2}	Γ_2^{A2}	Γ_3^{A2}	Γ_4^{A2}	
	B	B.1	–	–	Бекасово-Сорт.					
Станция 2										
...										
НОД-1						Σ(по станциям)				
...										
НОД-6						Σ(по станциям)				
Дорога						Σ(НОД)				

Методологические подходы расчета размеров движения на перспективу. Для определения корреспонденций прогнозных вагонопотоков на основе данных погрузки используется автоматизированная система организации вагонопотоков (АСОВ): подсистема «Динамическая карта» (АС ДК). Средствами АС ДК, на основе данных исполненных вагонопотоков за предыдущий период, производится формирование исходной базы маршрутов устойчивых корреспонденций, осуществляется моделирование возможных корреспонденций планируемой погрузки, производится процесс распределения корреспонденций в железно-

рожной сети, а затем данные агрегируют по участкам и техническим станциям железнодорожных направлений сети. Моделирование проводится с учетом этапной трансформации транспортного потока: грузопотоки – вагонопотоки – поездопотоки. В качестве выходных решений формируются расчетные вагонопотоки, необходимые для расчета ПФ, и потребные размеры движения, необходимые для освоения планового (прогнозного) вагонопотока на перспективу. Функциональная схема формирования прогнозных корреспонденций с применением АС ДК приведена на рисунке 1.

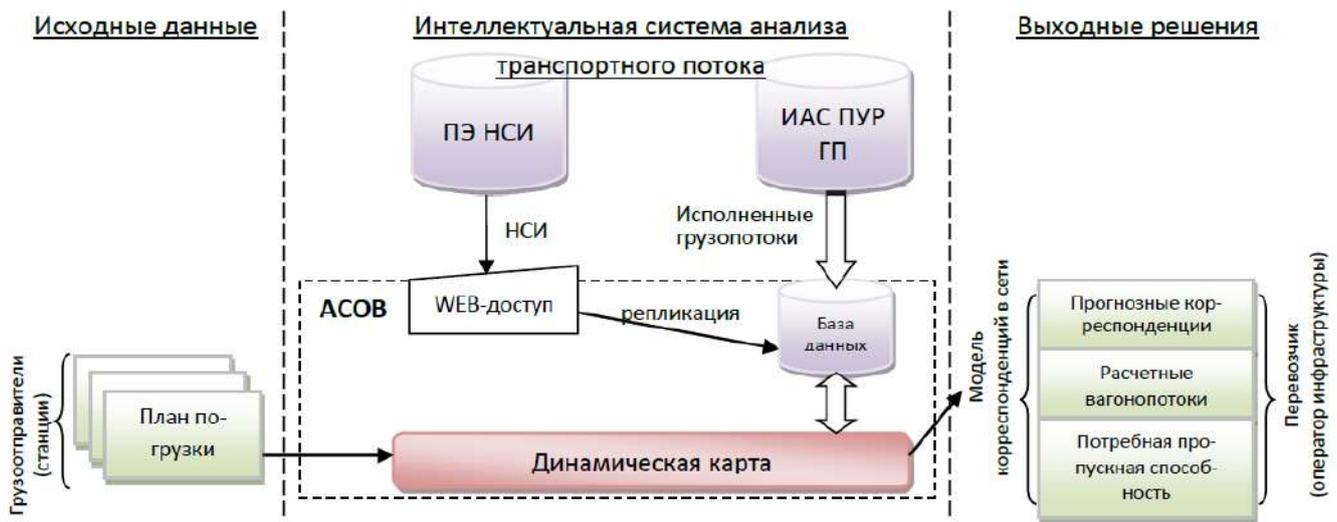


Рисунок 1 – Функциональная схема формирования прогнозных корреспонденций с применением АС «Динамическая карта»

Для реализации указанных возможностей по прогнозированию корреспонденций в АС ДК используется математическая модель искусственной нейронной сети и математические методы ее обучения. Структура нейронной сети разработана с учетом топологии железнодорожной инфраструктуры и параметров грузопотока необходимых для прогнозирования корреспонденций (рисунок 2).

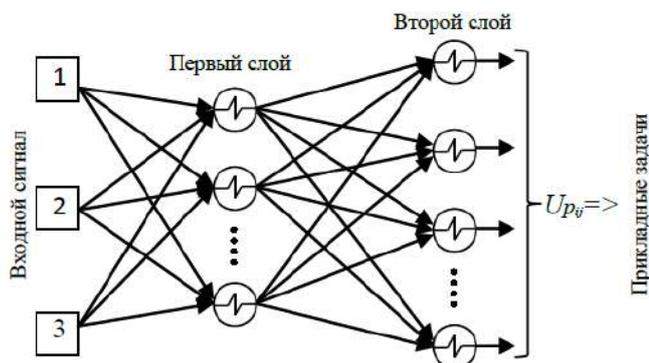


Рисунок 2 – Нейронная сеть для определения прогнозных корреспонденций

На первом этапе прогнозирования производится процесс обучения нейронной сети данными исполненных грузопотоков за предыдущий период времени. Для этого из вагонной модели ИАС ПУР ГП формируются ежесуточные выходные решения о выполненных грузопотоках за отчетные сутки и передаются в базу данных АС ДК. Данные содержат основную и дополнительную информацию. К основной информации относятся: код станции зарождения потока; код станции погашения потока, род груза (код груза) и размер грузопотока. К дополнительной информации относится информация, уточняющая характеристики грузопотока: страна и дорога назначения, код стыковых пунктов перехода перевозки по БЧ, код вида перевозки, код отправки и код вагона. После идентификации данных о грузопотоках методом программного обучения системы устанавливаются характерные веса нейронов для сложившейся

структуры транспортного потока, коэффициенты связей между нейронами и мощности грузопотока.

На втором этапе в нейронную сеть подается информация о прогнозных объемах железнодорожных грузоперевозок с установленными первичными параметрами грузопотока (см. таблицу 1). В первом слое нейронов при неполной информации об образовании грузопотока определяется прогнозная станция погрузки груза согласно установленным весам нейронов. Во втором слое нейронов определяется станция назначения грузопотока, характерная для данной станции погрузки и параметрам грузопотока. В результате на выходе из нейронной сети формируются соответствующие прогнозные корреспонденции. На этапе моделирования маршрутных назначений грузопотоков также происходит процесс обучения нейронной сети с использованием плановых (прогнозных) данных, в которых указаны данные о станции погрузки, станции (страна, дорога) выгрузки и вес груза.

На третьем этапе полученные корреспонденции агрегируют по железнодорожным направлениям для определения расчетных вагонопотоков между железнодорожными станциями (выделенными для расчета ПФ). По установленным вагонопотокам определяются потребное число грузовых поездов и потребная пропускная способность объектов железнодорожной инфраструктуры.

Описание порядка расчета и алгоритмов определения маршрута следования корреспонденции и агрегирования вагонопотоков на железнодорожной сети приведены в статье [5].

Выводы:

1 Расчет плановых (прогнозных) значений грузопотока на участках железнодорожной инфраструктуры является важным инструментом решения сложных эксплуатационных задач: плана формирования, организации поездной работы, оценки пропускных способностей.

2 Повышение достоверности и точности данных о грузопотоках может быть достигнуто путем реализации

в АС ДК математической модели искусственной нейронной сети.

3 Для реализации моделей в АС ДК необходима структурированная входная информация от грузоотправителей, станций или иных источников, а также использование ИАС ПУР ГП и других информационных систем, объединенных совокупностью специальных средств.

4 Расширение функциональных возможностей АС ДК позволяет увеличить достоверность решения задач ПФ с помощью автоматизированной системы организации вагонопотоков (АСОВ).

5. Задачи системы организации вагонопотоков целесообразно решать с использованием средств современных интеллектуальных транспортных систем.

Получено 10.10.2016

V. G. Kuznechov, V. G. Kozlov, V. G. Bekesh. Definition of correspondence forecast traffic volumes on the basis of plans loading the road with the use of automated system “dynamic maps”.

The process of forming the estimated traffic volumes to determine the plan of formation of freight trains is very labor intensive and carried out mainly by using distribution standards established by statistical data. However, this method of identifying traffic volumes can not take into account the dynamic changes in both the volume and structure of freight flows and routes of traffic volumes in the rail network. To solve this problem the authors have developed a general method of data about planned (forecast) traffic and calculating the size of trains in the areas of infrastructure for the future. The methodology proposed to use situationally-analytical model that takes into account the dynamics of changes in the characteristics of correspondence traffic. As a tool for determining the predicted traffic volumes of correspondence is proposed to use intelligent systems analysis of traffic flows based on the application of mathematical methods of learning software.

Список литературы

1 **Петров, А. П.** Составление плана формирования поездов на электронных цифровых машинах / А.П. Петров, К. А. Бернгард; под ред. А. П. Петрова. – М. : Трансжелдориздат МПС, 1962. – 234 с.

2 **Кузнецов, В. Г.** Оценка использования аналитических методов расчета плана формирования одногруппных грузовых поездов / В. Г. Кузнецов, В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2013. – № 1. – С. 49–51.

3 **Красиков, И. В.** Алгоритмы: Построение и анализ / под ред. И. В. Красикова – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2005. – 1296 с.

4 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 542 с.

5 **Кузнецов, В. Г.** Расчет объемов транспортного потока по направлениям железнодорожной сети / В. Г. Кузнецов, В. Г. Козлов, М. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2011. – № 1. – С. 68–71.

УДК 656.23

С. А. ПОЖИДАЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; Н. А. АЗЯВЧИКОВ, Государственное предприятие «Институт «Белжелездорпроект», г. Минск; В. В. ЖУРАВЕЛЬ, Днепротровский национальный университет железнодорожного транспорта, Украина

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗВИТИИ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Рассмотрены основные пути повышения энергоэффективности перевозочного процесса на Белорусской железной дороге при переработке вагонопотоков на сортировочных станциях. Предложены технические и технологические решения, направленные на снижение потребления топливно-энергетических ресурсов при производстве маневровой работы, на примере подсистемы «Парк приема – предгорочная горловина – пути надвига сортировочной горки» крупной сортировочной станции Минск-Сортировочный. В частности, разработаны рекомендации по ранжированию путей парка приема станции для поездов, поступающих в расформирование, по уровню энергетических затрат на маневровые передвижения. Предложен комплексный метод оптимизации параметров конструкции подсистемы расформирования поездов сортировочной станции, а также получены теоретические положения по оценке параметров закрепления составов грузовых поездов с использованием перспективных механизированных средств, пока не применяемых на Белорусской железной дороге. Произведена оценка экономической эффективности предлагаемых мероприятий.

Вопросам повышения энергоэффективности технологических процессов, энерго- и ресурсосбережению уделяется значительное внимание как в Республике Беларусь, так и за ее пределами. Проектом Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 г., одобренном Президиумом Совета Министров Республики Беларусь в феврале 2015 г., предусматривается снижение энергоемкости ВВП в 2016-2030 гг. на 35 %. Затраты на топливно-энергетические ресурсы также составляют значительную долю в структуре затрат железнодорожного транспорта, и снижение данной величины позволяет повысить экономическую эффективность его деятельности и конкурентоспособность с другими видами транспорта. По данным за 2014 г. на Белорусской железной дороге израсходовано более 226 тыс. т. дизельного топлива, из них около 80,5 % – на тягу поездов и 12,5 % – на маневровую работу на станциях. В силу того, что основная доля энергоресурсов в настоящее время импортируется в Республику Беларусь, снижение уровня их потребления как тяговым подвижным составом, так и стационарными энергетическими установками позволяет снизить уровень зависимости железнодорожного транспорта от внешних факторов.

Анализ структуры затрат топливно-энергетических ресурсов по всем техническим средствам железнодорожного транспорта позволяет определить основные направления повышения энергетической эффективности и энергосбережения. Так, в настоящее время на Белорусской железной дороге основное внимание уделяется вопросу снижения уровня потребления энергоносителей, таких как дизельное топливо и электроэнергия, тяговым подвижным составом. Основным мероприятием, направленным на снижение уровня потребления топливно-энергетических ресурсов тяговым подвижным составом,

является его модернизация с понижением удельного расхода топлива или электроэнергии на единицу выполненной работы и повышением КПД, а также его замена на более современный и энергоэффективный подвижной состав [1].

Наряду с этим осуществляется планомерная электрификация железнодорожных участков, позволяющая достичь значительного эффекта при замене одного вида используемого энергоресурса на другой, а именно дизельного топлива на электроэнергию при переводе движения поездов с тепловозной на электровозную тягу.

Одновременно с модернизацией и обновлением тягового подвижного состава, а также электрификацией участков значительный эффект в вопросе снижения потребления энергоресурсов на выполнение перевозочного процесса может быть достигнут при модернизации станционной инфраструктуры и совершенствовании технологии работы станций и участков.

В качестве технических и технологических решений, позволяющих повысить энергоэффективность перевозочного процесса и снизить эксплуатационные затраты Белорусской железной дороги на топливно-энергетические ресурсы при выполнении маневровой работы на сортировочных станциях, в исследовании рассмотрены мероприятия по реконструкции и развитию станционной инфраструктуры и совершенствованию технологии обработки составов и производства маневровой работы на станции. При этом основным объектом исследования выбрана подсистема «Парк приема – предгорочная горловина – пути надвига сортировочной горки» (ПП-ПГ-ПН) внеклассной сортировочной станции Минск-Сортировочный, выполняющей значительный объем маневровой работы по расформированию и формированию составов грузовых поездов (рисунок 1).

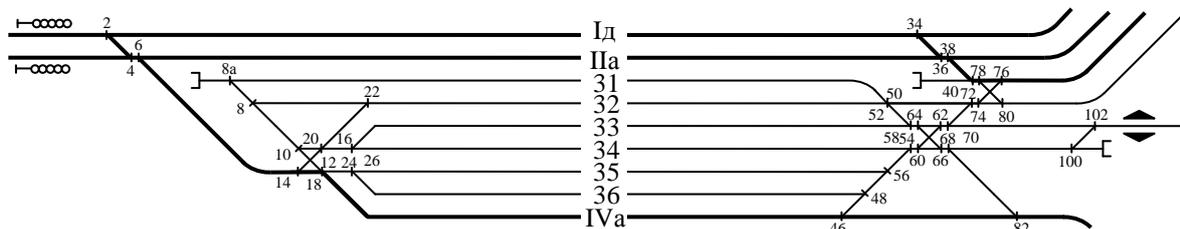


Рисунок 1 – Схема путевого развития парка приема станции Минск-Сортировочный

Реконструкция станционной инфраструктуры в рассматриваемой подсистеме подразумевает оптимизацию параметров продольного профиля путей парка приема, предгорочной горловины и путей надвига при условии соответствия конструкции подсистемы требованиям технических нормативных правовых актов, приведенных в [2, 3, 7]. При этом формируются варианты конструкции подсистемы при различных параметрах ее элементов.

Формирование вариантов продольного профиля подсистемы осуществляется комбинированным способом, при этом в допустимых пределах изменяются следующие параметры:

- крутизна противоуклонов путей приема;
- величина уклона разделительной площадки;
- уклон предгорочной горловины;
- крутизна уклона надвигной части.

При варьировании перечисленных параметров формируется граф вариантов продольного профиля исследуемой подсистемы.

Нормирование энергетических затрат на производство маневровой работы должно учитывать различные режимы работы маневровых локомотивов и способы выполнения маневров. При этом основное влияние на расход энергоресурсов оказывает конфигурация подсистемы станции или района выполнения маневровой работы.

Оценка энергетических затрат на маневровые операции является наиболее сложной задачей при выборе оптимального профиля подсистемы, так как при этом необходимо создать математическую модель движения состава, максимально соответствующую реальным условиям с учетом непрерывно меняющихся параметров плана и профиля пути, конструкции горловин, метеорологических условий. К примеру, полурейс типа «разгон – движение по инерции» (РИ) наиболее соответствует реальным условиям производства маневров и позволяет более точно оценить зависимость между силой тяги и производительностью маневрового локомотива. В основу данной модели положено дифференциальное уравнение движения состава маневровым порядком

$$f(v) - w_0(v) - w_{тр} - w_{кр}(v) - w_{сп}(v) - w_i(s) - b_T(v) - \frac{1}{ш} \frac{d^2 s}{dt^2} = 0; \quad (1)$$

где $f(v)$ – удельная сила тяги локомотива, Н/кН; $w_0(v)$ – основное удельное сопротивление движению подвижного состава, Н/кН; $w_{тр}$ – дополнительное удельное сопротивление при трогании с места, Н/кН; $w_{кр}(v)$ – дополнительное удельное сопротивление, возникающее при движении в кривых, Н/кН; $w_{сп}(v)$ – дополнительное удельное сопротивление, возникающее при движении по стрелочным переводам, Н/кН; $w_i(s)$ – дополнительное удельное сопротивление движению состава маневровым порядком по одному или нескольким элементам профиля различного уклона, Н/кН; $b_T(v)$ – удельное значение тормозных усилий, Н/кН.

Моделирование маневровых передвижений, процесса надвига и роспуска составов на сортировочной горке на основе численного решения приведенного дифференциального уравнения движения поезда (1) позволяет с высокой точностью оценить влияние отдельных элементов конструкции плана и продольного профиля подсистем сортировочной станции на энергоемкость перевозочного процесса в пределах станции.

Основным фактором, определяющим ускорение движения маневрового состава, является удельная сила тяги маневрового локомотива. Тяговые характеристики локомотивов, в т.ч. ТМЭ-1 и ТМЭ-2, задаются таблично и изменяются в зависимости от расчетной скорости движения.

В соответствии с [4, 6] основное удельное сопротивление движению локомотива на звеньевом пути определяется по формуле

$$w_0 = 1,9 + 0,01v + 0,0003v^2, \quad (2)$$

где v – скорость движения локомотива, км/ч.

Основное удельное сопротивление движению грузовых вагонов на подшипниках качения на звеньевом пути [6]:

– для груженых шестиосных вагонов с нагрузкой на ось $q_0 > 60$ кН –

$$w_0'' = 0,7 + (80 + v + 0,025v^2) / q_0, \quad (3)$$

где q_0 – средневзвешенная нагрузка на ось вагона, кН/ось; v – скорость движения состава маневровым порядком, км/ч;

– для груженых четырехосных вагонов при $q_0 > 60$ кН –

$$w_0'' = 0,7 + (30 + v + 0,025v^2) / q_0; \quad (4)$$

– для порожних четырех- и шестиосных вагонов при $q_0 \leq 60$ кН –

$$w_0'' = 1,0 + 0,044v + 0,00024v^2, \quad (5)$$

– для восьмиосных вагонов

$$w_0'' = 0,7 + (60 + 0,38v + 0,02v^2) / q_0. \quad (6)$$

Средневзвешенная нагрузка на ось вагона определяется из выражения

$$q_0 = Q / [m(4(100 - (\alpha_6 + \alpha_8)) + 6\alpha_6 + 8\alpha_8) \cdot 10^{-2}], \quad (7)$$

где Q – вес состава (брутто), кН; α_6 , α_8 – доли, соответственно, шести- и восьмиосных вагонов в составе поезда, %; m – общее количество вагонов в составе поезда.

Удельное сопротивление движению при трогании маневрового состава с места достигает больших значений в начальный момент и значительно снижается при увеличении скорости движения. В соответствии с [6] указанный параметр определяется по формуле

$$w_{тр} = 280 / (q_0 + 70). \quad (8)$$

Дополнительное сопротивление движению от кривых и стрелочных переводов определяется следующим образом:

– дополнительное удельное сопротивление движению от кривых рассчитывается исходя из условий:

при длине маневрового состава менее или равной длине кривой –

$$w_{кр} = 700 / R; \quad (9)$$

при длине маневрового состава более длины кривой

$$w_{кр} = 12,26_{кр} / l, \quad (10)$$

где R – радиус кривой, м; l – длина пройденного пути по криволинейному участку, м; $б_{кр}$ – угол поворота в кривой, град;

– дополнительное удельное сопротивление движению по одному стрелочному переводу

$$w_{сп} = (0,56 + 0,236_{сп})v^2 / l_{сп}, \quad (11)$$

где $l_{\text{сп}}$ – полная длина стрелочного перевода, м; $\alpha_{\text{сп}}$ – угол крестовины стрелочного перевода, град.

Дополнительное удельное сопротивление от преодоления уклона

$$w_i = (i_r l_r + \sum i_{\text{с}_i} l_i + i_x l_x) / l_c, \quad (12)$$

где $i_r, i_{\text{с}_i}, i_x$ – уклоны, соответственно, головного элемента профиля по направлению движения состава, элементов профиля, находящихся под центральной частью состава, и хвостового элемента профиля, %; l_r, l_i, l_x – длины элементов профиля, находящихся, соответственно, под головной, центральной и хвостовой частями состава, м; l_c – длина состава, м.

Аналитическое интегрирование уравнения движения поезда (1) производится по этапам в пределах небольших участков пути, на которых приращение скорости составляет не более 2 км/ч, что обеспечивает высокую точность расчетов. По мере увеличения скорости этот шаг увеличивается от 0,1 до 25 м.

Скорость движения поезда маневрового состава в любой точке маршрута определяется по формуле

$$v_i = \sqrt{v_{i-1}^2 \pm 2\Delta l g_j}, \quad (13)$$

где v_{i-1} – скорость движения маневрового состава при предыдущем шаге, м/с; Δl – шаг интегрирования, в расчетах принимается равным 10 м; g – удельная ускоряющая или замедляющая сила, Н/кН; j – ускорение (замедление) поезда при действии ускоряющей (замедляющей) силы в 1 Н/кН, $j = 0,00926$ м/с²;

Удельная ускоряющая (замедляющая) сила определяется в зависимости от условия движения маневрового состава:

– при разгоне маневрового состава в режиме тяги

$$\gamma_p = f_i - \sum w \pm i_s; \quad (14)$$

– при движении по инерции

$$\gamma_{\text{и}} = \sum w \pm i_s; \quad (15)$$

– при торможении

$$\gamma_{\text{т}} = \sum w + b_{\text{т}} \pm i_s; \quad (16)$$

где f_i – удельная сила тяги, Н/кН,

$$f_i = F_k / (Q + P). \quad (17)$$

С учетом ограничения по сцеплению в начале движения формула (17) принимает вид

$$f_i = \frac{P_{\text{сч}}}{Q + P} \left(0,118 + \frac{5}{27,5 + v} \right) \cdot 10^3, \quad (18)$$

где F_k – сила тяги локомотива, Н; Q – вес состава (брутто), кН; $P_{\text{сч}}$ – сцепной вес локомотива, кН; P – расчетный вес локомотива, кН; $\sum w$ – сумма удельных сил сопротивления движению подвижного состава, Н/кН; i_s – значение эквивалентного уклона, на котором находится состав, соответствующее такому его положению на многоэлементном продольном профиле пути, когда он может одновременно размещаться на нескольких элементах; $b_{\text{т}}$ – удельное тормозное усилие, Н/кН,

$$b_{\text{т}} = 1000 \phi_{\text{кр}} \sum k_p / (Q + P); \quad (19)$$

$\phi_{\text{кр}}$ – коэффициент трения между тормозной колодкой и бандажом колеса. Для чугунных тормозных колодок

$$\phi_{\text{кр}} = 0,27(v + 100) / (5v + 100), \quad (20)$$

где k_p – действительная сила нажатия на одну тормозную колодку или на ось, в расчетах принята равной 10 кН.

Продолжительность движения состава определяется согласно [7] на каждом шаге интегрирования:

– для установившейся скорости движения v_y

$$\Delta t = \Delta l / v_y, \quad (21)$$

– в остальных случаях –

$$\Delta t = (v_i - v_{i-1}) / g_j. \quad (22)$$

Расход топлива G_m на выполнение маневровой работы по надвигу и роспуску составов в режиме тяги на каждом шаге интегрирования определяется из выражения

$$G_m = N g_i \Delta t / 3600, \quad (23)$$

где N – номинальная эффективная мощность тепловоза, кВт; g_i – удельный расход топлива, соответствующий позиции контроллера машиниста при наиболее эффективном использовании мощности локомотива в маневровой работе, г/кВт·ч. Расход топлива при холостом режиме (движение по инерции) составляет около 10 % от его расхода в рабочем режиме.

Механическая работа локомотива при выполнении маневрового полуреяса определяется – по формуле

$$R_{\text{л}} = \sum_{l_{\text{нач}}}^{l_{\text{м}}} f_i (Q + P) \Delta l, \quad (24)$$

а механическая работа сил сопротивления движению состава маневровым порядком – по формуле

$$R_{\text{с}} = \sum_{l_{\text{нач}}}^{l_{\text{м}}} w_i (Q + P) \Delta l, \quad (25)$$

где $\sum w_i$ – сумма удельных сопротивлений движению подвижного состава на маршруте маневровых передвижений, надвига составов на сортировочную горку.

При сравнении значительного количества вариантов анализируемой конструкции подсистемы станции выполнение существенного объема трудоемких аналитических вычислений может осуществляться с помощью прикладных компьютерных программ. Так, использование программы «Оценка энергетических затрат на маневровую работу», разработанной в среде DELPHI 7 специалистами кафедры «Транспортные узлы» БелГУТа, позволило значительно сократить трудозатраты на выполнение аналитических расчетов и проанализировать около 50 возможных вариантов конструкции рассматриваемой подсистемы (рисунк 2).

Результаты исследования показали, что наиболее эффективным с точки зрения снижения расхода энергоресурсов и минимизации строительного-монтажных работ по вариантам переустройства подсистемы является близкий к оптимальному вариант, согласно которому продольный профиль подсистемы должен состоять из противоуклонов крутизной $-1,5$ и $1,5$ % (в направлении сортировочной горки), разделительной площадки с уклоном $-1,5$ %, предгорочной горловины крутизной $2,0$ % и путей надвига с уклоном $16,0$ %. На рисунке 2 выбранный вариант выделен утолщенной линией.

Оптимизация параметров продольного профиля подсистемы ПП-ПГ-ПН позволит сократить расход дизельного топлива на надвиг и роспуск составов с горки на

71,3 т (103,4 т у. т.) в год или в 2,1 раза, моторного масла – на 2,3 т в год и получить годовой экономический эффект в размере 574,9 млн руб. в год. В данных условиях инвестиционные затраты на реализацию мероприятия смогут окупиться в течение 20-летнего периода в связи со значительным объемом капитальных вложений [5].

В то же время экономия 1 т у. т. может обеспечить перевозку 3000 т груза примерно на 100 км при соблюдении расходных норм. Таким образом, возникает значительный дополнительный экономический эффект при использовании сэкономленных энергоресурсов.

Моделирование движения маневрового состава с определением энергетических затрат на его перемещение позволяет предложить наиболее рациональные маршруты приема поездов в расформирование на пути предгорочного парка станции с точки зрения минимизации затрат топливно-энергетических ресурсов на последующие маневровые операции. Для проведения данного исследования применительно к парку приема станции Минск-Сортировочный выбран состав грузового поезда длиной 58 условных вагонов, средняя масса которого согласно отчетным данным составляет 3 189 т.

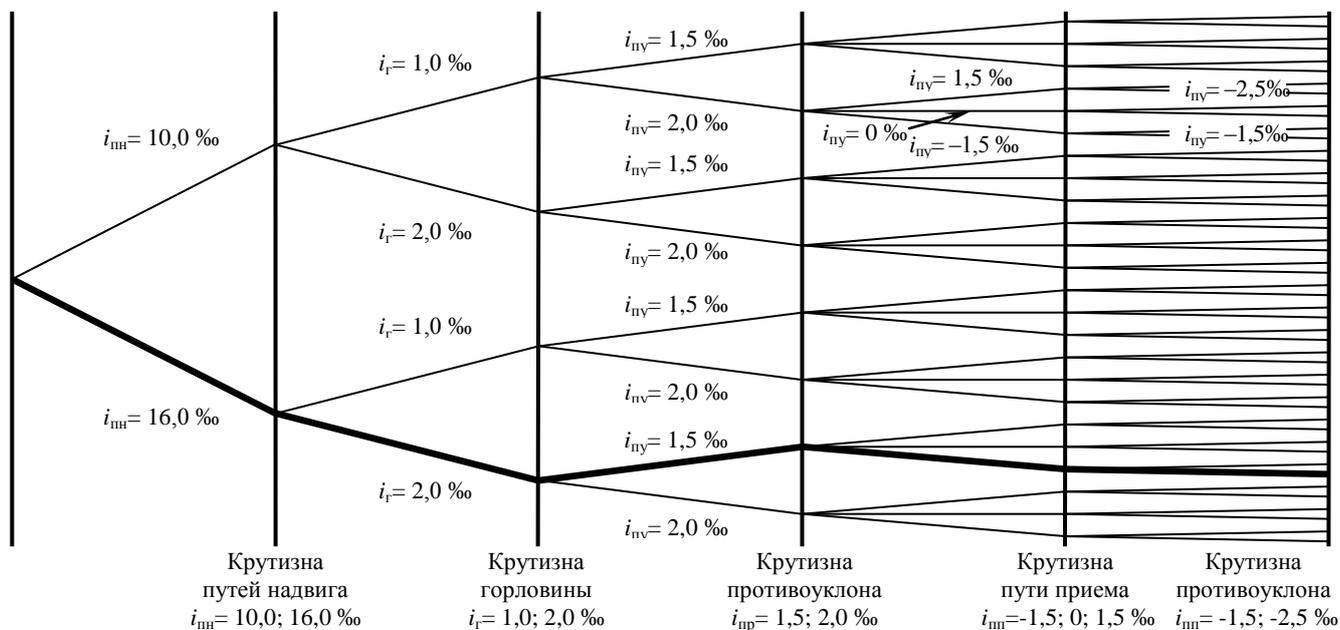


Рисунок 2 – Граф вариантов конструкции продольного профиля путей приема, предгорочной горловины и путей надвига

Для моделирования маневровых передвижений составов грузовых поездов при надвиге на сортировочную горку с последующим их роспуском использовалась указанная выше компьютерная программа «Оценка энергетических затрат на маневровую работу».

Результаты моделирования показали, что наиболее эффективным маршрутом является прием транзитных грузовых поездов с переработкой на путь № 35 (рисунок 1), имеющий благоприятную конструкцию продольного профиля. При этом расход дизельного топлива на надвиг составов заданных параметров на сортировочную горку с пути № 35 и его роспуск составит 7,6 кг. Близкими по данному критерию к маршруту приема на путь № 35 являются пути № 33 и 34, расположенные в центральной части парка приема. Расход дизельного топлива на надвиг и роспуск составов с данных путей составит около 7,8 кг (рисунок 3). Следует отметить, что особое внимание необходимо уделить приему поездов на путь № 31, так как надвиг составов с него на горку и последующий их роспуск является наиболее затратным с точки зрения расхода энергоресурсов. Использование данного пути является рациональным только в условиях интенсивного поступления поездов в парк приема или невозможности принятия поезда ввиду его значительной длины на другой путь.

Ранжирование путей парка приема только по уровню энергетических затрат на надвиг и роспуск составов поездов с сортировочной горки позволяет сократить рас-

ход дизельного топлива на 3,18 т (4,6 т у. т.) в год и получить годовой экономический эффект в объеме 25,6 млн рублей.

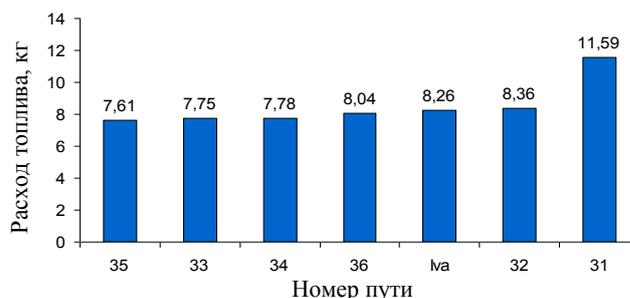


Рисунок 3 – Расход дизельного топлива на надвиг составов на горку с путей парка приема (с последующим роспуском)

В качестве мероприятия по изменению технологии обработки составов поездов, поступающих в расформирование, и способов производства маневровой работы в исследовании рассматривается перенос позиции для закрепления составов поездов из четной стороны парка приема в нечетную (со стороны сортировочной горки) с заменой ручных средств закрепления составов на перспективные механизированные. При этом сокращается длина маршрута надвига состава на сортировочную горку, что наиболее важно для составов небольшой длины.

Для количественной оценки объемов потребления топливно-энергетических ресурсов на производство ма-

невровой работы используется описанный выше метод математического моделирования движения маневрового состава. При этом расчеты выполняются для двух вариантов технологии закрепления и обработки поездов:

– закрепление составов ручными средствами в четной стороне парка приема;

– закрепление составов в нечетной стороне парка приема с использованием механизированных средств закрепления.

В качестве перспективных механизированных средств для закрепления составов в исследовании рассмотрены балочные заграждающие устройства с дистанционным управлением БЗУ-ДУ (рисунок 4) производства концерна «Трансмаш» (РФ), в состав которого входит Молодечненский электромеханический завод. Назначением данных устройств является торможение и удержание вагонов и отцепов с целью предотвращения несанкционированного выхода подвижного состава за пределы полезной длины сортировочных, станционных, подъездных и других путей.



Рисунок 4 – Общий вид балочного заграждающего устройства БЗУ-ДУ

Потребное количество устройств БЗУ-ДУ для обслуживания путей парка приема, которое обеспечит закрепление составов максимальной возможной массы, предложено определять для каждого пути по формуле

$$K_{\text{БЗУ}} = \frac{Q_{\text{бр}} g}{\frac{1 + i_{\text{спр}}^2}{i_{\text{спр}}} F_{\text{уд}} \cos(\arctg i_{\text{спр}})} - \frac{F_{\text{сопр}}}{F_{\text{уд}}}, \quad (26)$$

где $Q_{\text{бр}}$ – масса брутто расчетного состава поезда, т; g – ускорение свободного падения, м/с²; $i_{\text{спр}}$ – спрямленный уклон участка пути, занимаемого расчетным составом; $F_{\text{уд}}$ – удерживающая сила устройства, кН; $F_{\text{сопр}}$ – сила сопротивления движению состава, кН.

Результаты расчетов показали, что для реализации мероприятия в парке приема с учетом конструкции продольного профиля путей потребуется установка шести комплектов балочных закрепляющих устройств типа БЗУ-ДУ – по одному комплекту в конце каждого пути (таблица 1). При этом расход дизельного топлива при изменении технологии снизится на 3,9 т (5,7 т у. т.) в

Получено 14.04.2015

S. A. Pozhidaev, N. A. Azyavchikov, V. V. Zhyravel. Energy-efficient design and project solutions with the development of marshalling yards.

The main ways of increase of energy efficiency of transportation process on the Belarusian railroad are considered when processing traffic volumes in switchyards. The technical and technological solutions directed on decrease in consumption of fuel and energy resources by production of shunting work on the example of a subsystem «Park of reception – a prehump mouth – ways of moving of a hump yard» a large railway station Minsk-sorting are proposed. In particular, recommendations about ranging of ways of park of reception of station for the trains coming to disbandment about the level of power costs of shunting movement are developed. The complex method of optimization of parameters of a design of a subsystem of disbandment of trains of a switchyard is offered, and also theoretical provisions according to parameters of fixing of structures of cargo trains with use of the perspective mechanized means which yet aren't applied on the Belarusian railroad are received. The assessment of economic efficiency of the offered actions is made.

год или на 2,8 %, моторного масла – на 136 кг в год, что эквивалентно сокращению затрат на ГСМ для маневровой работы на 31,2 млн рублей в год.

Таблица 1 – Потребное количество комплектов БЗУ-ДУ для оснащения путей парка приема

Номер пути	$Q_{\text{бр}}, \text{ т}$	$i_{\text{спр}}$	$F_{\text{уд}}, \text{ кН}$	$F_{\text{сопр}}, \text{ кН}$	$K_{\text{БЗУ}}, \text{ ед.}$
31	2844,2	0,00221	200,00	9,02	0,26≈1
32	2950,3	0,01790	200,00	9,02	0,21≈1
33	3494,8	0,00210	200,00	9,02	0,31≈1
34	3404,1	0,00186	200,00	9,02	0,27≈1
35	3084,5	0,00143	200,00	9,02	0,17≈1
36	2760,9	0,00126	200,00	9,02	0,13≈1

Общий совокупный годовой экономический эффект при реализации мероприятия составит 457,2 млн рублей в год. Предположительно инвестиционные затраты на реализацию мероприятия окупятся в течение 5–6 лет.

Полученные в исследовании результаты свидетельствуют о том, что предлагаемые экономически целесообразные мероприятия позволяют снизить потребление энергоресурсов при выполнении маневровой работы и, как следствие, повысить энергоэффективность перевозочного процесса на станции Минск-Сортировочный.

Приведенная методика моделирования маневровых передвижений, оптимизации параметров конструкции подсистемы ПП-ПГ-ПН сортировочной станции, а также теоретические положения по расчету параметров технологии закрепления составов грузовых поездов в парке приема могут использоваться при разработке энергоэффективных мероприятий и проектов развития других крупных станций Белорусской железной дороги.

Список литературы

- 1 Энергетическая стратегия Белорусской железной дороги до 2020 года : отчет о НИР : 5255 / БелГУТ; рук. Негрей В. Я. ; исп. : В. М. Овчинников [и др.]. – Гомель, 2009. – 992 с. – Библиогр. : с. 992. – № ГР 2008305.
- 2 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техноформ. 2001. – 255 с.
- 3 Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха [и др.]. – М. : Транспорт, 1994. – 220 с.
- 4 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985. – 287 с.
- 5 **Бугаев, В. П.** Инновации, инвестиции, эффективность : пособие для студентов экономических специальностей / В. П. Бугаев, Е. В. Бугаева. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 139 с.
- 6 **Кузьмич, В. Д.** Теория локомотивной тяги : учеб. для вузов ж.-д. транспорта / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, В. Я. Френкель; под ред. В. Д. Кузьмича. – М. : Маршрут, 2005. – 448 с.
- 7 **Мацкель, С. С.** Расчет элементов станций на ЭВМ / С. С. Мацкель. – М. : Транспорт, 1980. – 176 с.

УДК 656.225:656.072

Е. Н. ПОТЫЛКИН, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СХЕМАХ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Рассмотрены вопросы определения закономерностей технологических параметров в логистических и обычных схемах доставки грузов и установлены числовые характеристики изучаемых случайных величин, таких как ожидание уборки вагонов, интервал между подачами и др. Результаты исследований могут быть использованы для определения эффективных режимов взаимодействия железнодорожных станций с подъездными путями промышленных предприятий.

В настоящее время в Республике Беларусь активно развивается рынок транспортных услуг, что требует формирования эффективной транспортно-логистической системы страны. В связи с этим развитие грузовых перевозок, на которые приходится 85 % доходов Белорусской железной дороги, и эффективная их организация является сегодня актуальной задачей. При этом следует отметить тенденцию роста конкуренции среди перевозчиков, что способствует организации новых схем доставки грузов.

Многие организации при транспортировке грузов отдают предпочтение автомобильному транспорту. Однако крупные промышленные предприятия, работающие с сырьевыми грузами (ОАО «Беларуськалий», ОАО «Белорусский металлургический завод», цементные заводы и др.), согласно сложившейся практики организации работы по отправке готовой продукции используют пути необщего пользования, применяя схемы доставки ресурсов с участием Белорусской железной дороги. При этом документом, регламентирующим взаимодействие перевозчика и грузовладельца, является договор на эксплуатацию подъездного пути при его обслуживании локомотивом предприятия или договор на подачу-уборку при обслуживании локомотивом железной дороги. Возможные схемы доставки грузов поставщиками потребителям приведены на рисунке 1 [2, с. 164].

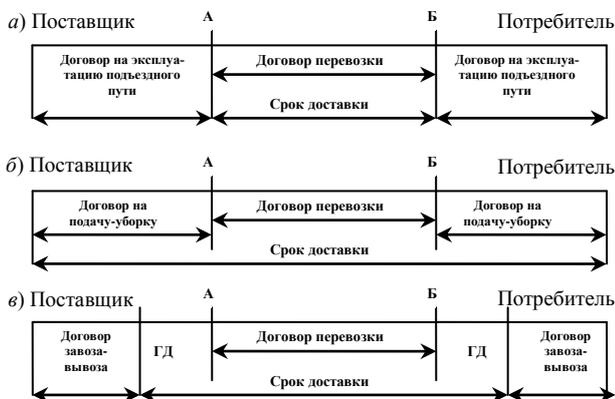


Рисунок 1 – Возможные схемы доставки грузов с участием железнодорожного транспорта:

а – маневровый локомотив предприятия на станции отправления и назначения; б – маневровый локомотив железной дороги на станциях отправления и назначения; в – погрузка и выгрузка на местах общего пользования

На рисунке 2 представлена логистическая схема доставки грузов.

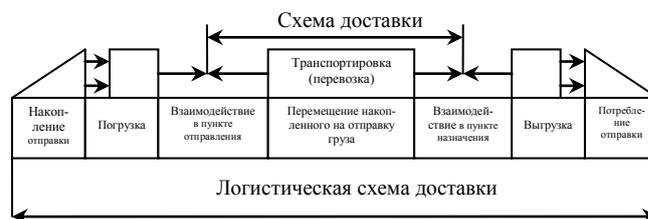


Рисунок 2 – Логистическая схема доставки грузов

Анализ представленных схем показал, что в отличие от обычной схемы доставки грузов, логистическая схема учитывает накопление продукции на отправку у отправителя и потребление её у получателя. При этом также учитываются режимы взаимодействия транспорта с грузоотправителями и грузополучателями в начальном и конечном пунктах.

Поэтому объектом исследования в данной задаче является схема доставки груза, а предметом – взаимодействие железнодорожных станций с путями необщего пользования для обслуживания промышленных предприятий. Для решения поставленной задачи необходимо установить закономерности изменения технологических параметров в логистических схемах доставки грузов, где используются железнодорожные пути необщего пользования.

Рассматривая отдельные элементы логистической схемы доставки грузов, как одноканальные системы массового обслуживания, разбитые на элементарные составляющие, где в качестве требования выступает непрерывное выполнение комплекса технологических операций с вагонами, можно выявить наличие межоперационных простоев, что обусловлено колебаниями входящего потока и неравномерностью обслуживания (рисунок 3) [1, с. 317]. Среднее время ожидания обработки требований рекомендуется определять по формуле [6, с. 12]:

$$t_{ож} = \frac{\rho^2 (v_{вх}^2 + v_{обсл}^2)}{2\lambda(1-\rho)}, \tag{1}$$

где $v_{вх}$, $v_{обсл}$ – коэффициенты вариации, соответственно, входящего потока требований и продолжительности обслуживания; ρ – загрузка системы; λ – интенсивность поступления требований, требований/ч.

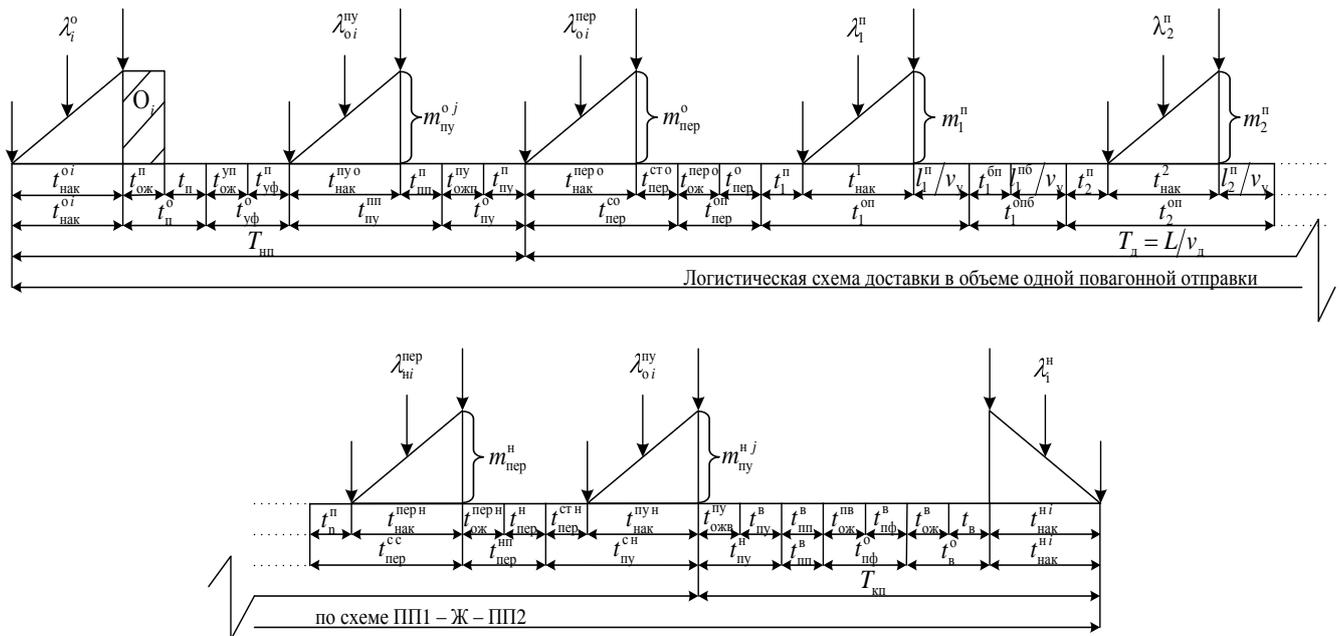


Рисунок 3 – Логистическая схема доставки грузов с указанием временных параметров

Для определения закономерностей изменения $v_{вх}$ и $v_{обсл}$ на примере ОАО «Гродно Азот» рассмотрена продолжительность временных составляющих логистической схемы доставки (ожидание уборки вагонов после выполнения с ними грузовых операций, интервал между подачами, простой путей в цехах) при взаимодействии железнодорожных путей необщего пользования и станции примыкания. Например, в результате обработки эмпирических данных построена гистограмма распределения интервалов между подачами вагонов в цех под выгрузку бензола (рисунок 4).

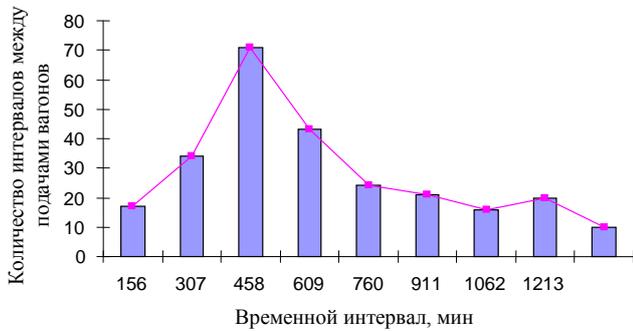


Рисунок 4 – Гистограмма распределения интервалов между подачами вагонов в цех под выгрузку бензола

Для того чтобы установить, к какому закону распределения следует отнести случайные величины, использованы области в плоскости β_1 и β_2 для различных распределений, которые определяются на основании выборочных оценок b_1 и b_2 :

$$\sqrt{b_1} = \frac{m_3}{(m_2)^{3/2}}, \quad (2)$$

$$b_2 = \frac{m_4}{(m_2)^2}, \quad (3)$$

где m_2, m_3, m_4 – соответственно второй, третий, четвертый центральные моменты относительно математического ожидания [3, с. 64, 231].

Далее полученные результаты выборочных оценок b_1, b_2 могут быть представлены на графике, как точка А с координатами $(b_1; b_2)$ [3, с. 231]. При этом, если точка А будет находиться на достаточно близком расстоянии от кривой или области, представленной на графике, то это распределение может быть использовано для описания эмпирических данных.

В таблицах 1 и 2 представлены числовые характеристики временных интервалов между подачами в цеха и продолжительности ожидания уборки вагонов из цехов ОАО «Гродно Азот».

Таблица 1 – Числовые характеристики интервалов времени между подачами в цеха ОАО «Гродно Азот»

Показатель	Значения числовых характеристик для цехов				
	Карбонид-П	Сульфат	Сера	Бензол	Мазут
Математическое ожидание, мин	454,4	332,2	396	641	560
Стандартное отклонение, мин	298,5	253,0	369	324	394
Дисперсия выборки	89121	$64 \cdot 10^3$	$135 \cdot 10^3$	$104 \cdot 10^3$	$155 \cdot 10^3$
Экцесс	0,8	-1,3	1,8	-0,5	0,2
Асимметричность	1,2	0,4	1,7	0,6	1,3
Объем выборки	144	241	207	256	158
Коэффициент вариации	0,66	0,76	0,93	0,50	0,70
Выборочная оценка b_1	$2,1 \cdot 10^{-15}$	$7,6 \cdot 10^{-16}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$	$3,6 \cdot 10^{-16}$	$4,8 \cdot 10^{-16}$
Выборочная оценка b_2	$9,9 \cdot 10^{-11}$	$-3,3 \cdot 10^{-10}$	$9,7 \cdot 10^{-11}$	$-4 \cdot 10^{-11}$	$9,5 \cdot 10^{-12}$

Таблица 2 – Числовые характеристики продолжительности ожидания уборки вагонов из цехов ОАО «Гродно Азот»

Показатель	Значения числовых характеристик для цехов				
	Карбо-мид-II	Сульфат аммония	Сера	Бензол	Мазут
Математическое ожидание, мин	35,97	73,3	30,7	33,0	29
Стандартное отклонение, мин	30,8	69,45	24,8	30,1	17,8
Дисперсия выборки	947,2	4823,3	615,9	906	317
Эксцесс	2,1	0,34	5,54	2,34	1,5
Асимметричность	1,8	1,28	2,48	1,86	1,55
Объем выборки	138	224	245	215	179
Коэффициент вариации	0,86	0,95	0,81	0,91	0,61
Выборочная оценка b_1	$3,77 \cdot 10^{-9}$	$1,45 \cdot 10^{-11}$	$2,65 \cdot 10^{-8}$	$4,65 \cdot 10^{-9}$	$7,6 \cdot 10^{-8}$
Выборочная оценка b_2	$2,34 \cdot 10^{-6}$	$1,44 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,85 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$

В формуле (1) нагрузка системы ρ может быть определена, исходя из ее простоя (таблица 3).

Таблица 3 – Числовые характеристики незанятости путей в цехах ОАО «Гродно Азот»

Показатель	Значения числовых характеристик для цехов				
	Сера	Карбо-мид-II	Карбо-мид-II	Сульфат аммония	Сульфат аммония
	Номер пути				
	1	1	2	1	2
Математическое ожидание, мин	70,3	679	1036	740	1098
Стандартное отклонение, мин	28,3	587	744	723,7	1197
Дисперсия выборки	801	$3,4 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^5$	$5,2 \cdot 10^5$	$14 \cdot 10^5$
Эксцесс	2,29	2,4	1,6	5,7	9,8
Асимметричность	1,44	1,8	1,34	2,4	3,2
Объем выборки	52,0	30,0	24,0	33,0	27,0
Коэффициент вариации	0,4	0,86	0,72	0,98	0,98
Выборочная оценка b_1	$4,1 \cdot 10^{-9}$	$8,04 \cdot 10^{-17}$	$1,1 \cdot 10^{-17}$	$4,2 \cdot 10^{-17}$	$3,5 \cdot 10^{-18}$
Выборочная оценка b_2	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$2,02 \cdot 10^{-11}$	$-5,2 \cdot 10^{-12}$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$4,8 \cdot 10^{-12}$

Точки, полученные из комбинаций b_1 и b_2 , нанесенные на график, оказались в критической области, что позволяет сделать вывод о том, что исследуемые случайные величины принимают недетерминированные значения.

При применении такого метода описания эмпирических данных необходимо учитывать два важных ограничения. Во-первых, для любого множества данных b_1 и

b_2 являются лишь оценками и подвержены колебаниям от выборки к выборке, эти оценки очень чувствительны к небольшому числу крайних значений, поэтому данный метод необходимо использовать с осторожностью, особенно когда число наблюдений невелико, например меньше 200. Во-вторых, в общем случае форма распределения не определяется однозначно его нормированными показателями асимметрии и островершинности. Более общим методом определения характеристик эмпирических данных является применение распределений Джонсона или Пирсона [4, с. 232].

Большие возможности для описания колебаний случайных величин обеспечивает система кривых Пирсона, задаваемая дифференциальным уравнением

$$\frac{dP(x)}{dx} = \frac{x-a}{b_0 + b_1x + b_2x^2} P(x), \quad (4)$$

где a, b_0, b_1, b_2 – постоянные параметры распределения, которые вычисляются методом моментов [4, с. 120].

Основные типы кривых Пирсона представлены на номограмме для определения типа кривой в зависимости от параметров β_1 и β_2 [с. 121, 4]. Определение параметров β_1 и β_2 аналогично определению ранее рассмотренных b_1, b_2 . Точки, полученные из комбинаций β_1 и β_2 , нанесенные на номограмму оказались отдаленными от основных типов кривых Пирсона, представленных на ней. Это свидетельствует о том, что изучаемые временные элементы логистической схемы доставки грузов принимают недетерминированные значения, а отклонения от их средних значений носят случайный характер. Данное положение было подтверждено после применения программных пакетов Microsoft Excel, Statgraphics к рассматриваемым случайным величинам.

Рассчитанные числовые характеристики временных параметров необходимы для определения межоперационных простоев логистической схемы доставки грузов по формуле (1). В свою очередь численные значения простоев позволяют обосновать выбор оптимальных режимов взаимодействия железнодорожных станций с подъездными путями промышленных предприятий.

Помимо временных параметров, оказывающих влияние на режимы взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования, следует выделить и размеры вагонопотоков, поступающих на них. Это связано с наличием на грузовых фронтах предприятий ограничений по размерам одновременной подачи, одновременной погрузки либо выгрузки. Кроме того, величина вагонопотока, поступающего на путь необщего пользования, влияет на продолжительность выполнения маневровых, подготовительно-заключительных операций и т.п.

С достаточной для практики точностью расчет важнейшего показателя (коэффициента вариации), позволяющего оценить размер колебаний вагонопотока, целесообразно выполнять с помощью следующей зависимости:

$$v = am^b, \quad (5)$$

где m – среднее значение вагонопотока, вагонов; a, b – эмпирические коэффициенты [4, с. 152].

Данная формула также может быть применима при определении коэффициента вариации местных поездопотоков.

На основании выполненных исследований получены зависимости коэффициента вариации местных вагоно- и поездопотоков от их среднесуточного поступления, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость коэффициента вариации местных вагоно- и поездопотоков от их среднесуточного поступления

Категория потоков	Корреляционная зависимость
Входящий поток разборочных поездов на грузовые и пограничные станции	$v = 0,28N^{-0,238}$
Общий входящий поток местных вагонов	$v = 1,75n^{-0,338}$
Поток вагонов по фронтам подачи	$v = 1,79n^{-0,434}$
Общий поток вагонов с фронтов подачи	$v = 1,7n^{-0,345}$
Выходящий поток поездов своего формирования	$v = 0,38N^{-0,278}$
Погрузка вагонов	$v = 1,21n^{-0,391}$
Выгрузка вагонов	$v = 1,29n^{-0,390}$
Входящий поток разборочных поездов, подачи	$v = 0,53N^{-0,438}$
<i>Примечание – N – среднесуточное количество поездов; n – среднесуточное количество вагонов.</i>	

Анализ таблицы 4 показал, что коэффициент вариации местных поездопотоков может принимать значения в интервале от 0,1 до 0,53, что указывает на наличие отклонений числа местных поездопотоков от их среднесуточного количества. Это связано с различным техническим оснащением станций, применением либо автоматической, либо полуавтоматической блокировок на участках и т.п. В то же время значения, которые может принимать коэффициент вариации местных вагонопотоков, находятся в интервале от 0,25 до 1,0, что обусловлено недетерминированностью потока. Это связано с наличием на сети Белорусской железной дороги путей необщего пользования, как крупных, так и малодетальных, с различным техническим оснащением их и т.п.

Выявленные аналитические зависимости целесообразно использовать в расчетах при обосновании выбора оптимальных режимов взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования. Данное взаимодействие необходимо рассматривать в рамках логистической схемы доставки грузов. Это связано с тем, что системный подход при исследовании работы железнодорожных станций и примыкающих к ним путей необщего пользования позволяет учесть не только само взаимодействие грузовладельца с перевозчиком, но и накопление продукции на отправку у отправителя и потребление у получателя, а также продвижение материального, информационного, финансового потоков. Кроме того, важно учесть, что взаимодействие желез-

нодорожных станций с путями необщего пользования необходимо рассматривать с позиции грузовладельца. Это связано с выявлением слабых позиций при организации работы станции и подъездного пути, устранение которых напрямую влияет на повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг.

Выводы:

– интеграция экономики Беларуси в процессы глобализации может быть реализована на основе принципов, правил и законов логистики с учетом особенностей производственного и транспортного потенциала, географического расположения, национальных традиций, проводимой государственной политики [1, с. 182];

– линейно-упорядоченные множества физических и/или юридических лиц, непосредственно участвующих в перемещении конкретных отправок грузов от производителя до потребителя, являются важнейшими элементами сложных логистических систем. В свою очередь основными составляющими логистических цепей движения ресурсов являются схемы доставки, соединяющие отправителя и получателя груза в этих цепях;

– между начальными звеньями сложной логистической производственной транспортной системы перевозка сырьевых ресурсов целесообразна с использованием схем доставки с участием железной дороги, где отправитель и/или получатель имеют подъездные пути;

– исследуемые случайные величины являются недетерминированными. Полученные числовые характеристики случайных величин, необходимые для расчета межоперационных простоев вагонов, могут быть использованы для выбора эффективных режимов взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования.

Список литературы

- 1 **Еловой, И. А.** Интегрированные логистические системы доставки ресурсов : теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с.
- 2 **Еловой, И. А.** Основы коммерческой логистики : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 184 с.
- 3 **Хан, Г.** Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. – М. : Мир, 1969. – 393 с.
- 4 **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 249 с.
- 5 Оптимизация процессов грузовой работы / А. А. Смехов [и др.]. – М. : Транспорт, 1973. – 264 с.
- 6 **Циркунов, Г. А.** Расчет временных параметров технологического процесса пограничной перегрузочной станции: пособие по курсовому и дипломному проектированию / Г. А. Циркунов, И. А. Еловой, В. С. Зайчик. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 38 с.

Получено 27.02.2015

Y. N. Potylkin. Patterns of technological parameters in the logistic schemes of delivery of cargoes by railways sidetracks.

Describe how to find patterns of technological parameters in the logistic and the normal patterns of delivery and set numerical characteristics of the studied random variables such as waiting for the innings cars, the interval between innings and other. The research results can be used to identify effective modes of interaction railway stations with sidetracks industrial enterprises.

УДК 656.223.2

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук; О. И. БИК-МУХАМЕТОВА, младший научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОСТОЯ ВАГОНОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ НА ОСНОВЕ ПОНОМЕРНОГО СПОСОБА ИХ УЧЕТА

Существующие информационные технологии на железнодорожном транспорте позволяют реализовать новые принципы учета состояния вагона и расчета показателей простоя вагонов на станциях на основе пономерного способа их учета. Представлена методика расчета показателей простоя вагонов на станции с учетом собственника вагона на основе пономерного способа учета.

Одним из важнейших факторов повышения эффективности управления вагонным парком является достоверный учет простоев вагона на станциях. В специальной прикладной программе «Автоматизированная система пономерного учета, контроля дислокации, анализа использования и регулирования вагонного парка» (ДИСПАРК) ведется учет дислокации и выполнения всех операций с вагоном в реальном режиме времени. Функциональные возможности ДИСПАРК позволяют перейти к более достоверному и качественному процессу учета состояния и расчета показателей простоя вагонов на станции на основе применения пономерного способа учета.

Учет простоя вагонов по станции может производиться несколькими методами в зависимости от потребности в уровне детализации простоя вагона по его элементам и целей его применения при расчете качественных показателей использования вагонного парка, а также наличия информации в ДИСПАРК об операциях с вагоном.

Первый метод

В данном методе выполняется учет по каждому, установленному технологией, элементу простоя. При этом за единицу учета принимается продолжительность выполнения какой-либо технологической операции с вагоном на станции:

$$t [t_j, t_{j+1}] = t_{j+1} - t_j, \quad (1)$$

где t_{j+1} , t_j – соответственно моменты времени начала выполнения j -й и $(j+1)$ -й технологической операции с вагоном на станции.

Методика расчета продолжительности элементов простоя, рассматриваемых согласно первого метода, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Методика расчета элементов простоя

Элемент простоя	Момент начала элемента простоя	Момент окончания элемента простоя	Расчетная формула
По прибытию	Прибытие вагона на станцию	Окончание расформирования состава, отцепки вагона от поезда или перевода вагона в нерабочий парк	$t_{\text{пр}i} = t_{\text{расф(отц, пр)}} - t_{\text{пр}}$
При подаче на пункт выполнения грузовой операции	Окончание расформирования состава или отцепки вагона от поезда	Окончание подачи на грузовой пункт (подъездной путь)	$t_{\text{под}i} = t_{\text{под}} - t_{\text{расф(отц)}}$
Под грузовыми операциями	Окончание подачи на грузовой пункт (подъездной путь)	Окончание грузовой операции	$t_{\text{гр}i} = t_{\text{гр}} - t_{\text{под}}$
При уборке с пункта производства грузовой операции	Окончание грузовой операции	Окончание уборки вагона с грузового пункта (подъездного пути)	$t_{\text{уб}i} = t_{\text{уб}} - t_{\text{гр}}$
При уборке из ремонта	Включение вагона в рабочий парк	Окончание уборки вагона с путей ремонта	$t_{\text{уб}i}^{\text{рем}} = t_{\text{уб}} - t_{\text{рп}}$
По формированию	Окончание уборки с пункта производства грузовых операций (ремонта) или расформирование состава	Окончание формирования состава поезда	$t_{\text{ф}i} = t_{\text{оф}} - t_{\text{расф(уб)}}$
По отправлению	Окончание формирования состава поезда или прицепка вагона к поезду	Отправление вагона со станции	$t_{\text{от}i} = t_{\text{о}} - t_{\text{оф(прц)}}$

Следует отметить, что при расчете продолжительности элементов простоев необходимо учитывать дату выполнения операции. Так, если подача вагонов на грузовой пункт была выполнена 19.03.15 в 21 ч 40 мин, а грузовой операция закончилась 21.03.15 в 13 ч 45 мин, то время простоя вагона под грузовыми операциями составит 41 ч 05 мин.

В случае, когда на момент учета (окончания рас-

четного периода) на станции (t_k) с вагоном не будет завершен цикл операций, последний элемент простоя в расчетном периоде предлагается считать незавершенным, учет которого необходимо производить по моменту окончания расчетного периода:

$$t' t_m, t_k = t_k - t_m, \quad (2)$$

где t_m – момент начала выполнения последней m -й операции с i -м вагоном на станции учета в расчетном периоде; t_k – момент окончания расчетного периода (17-00 или 18-00).

Второй метод

В данном методе производится учет простоя вагона в целом, без детализации по его элементам. При этом за единицу учета принимается полная продолжительность простоя вагона на станции (таблица 2) от момента прибытия до момента:

- отправления вагона со станции, учитываемый как *завершенный простой*;
- окончания расчетного периода, учитываемый как *незавершенный простой*.

Тогда *завершенный простой*:

$$t_{\text{зп}}[t_o, t_k] = t_o - t_{\text{пр}} - \sum_{j=1}^{k_{\text{пр}}} t_{\text{пр}(j)}, \quad (3)$$

где $t_{\text{пр}}$ – время прибытия вагона на станцию учета; t_o –

время отправления вагона со станции учета; $\sum_{k=1}^{k_{\text{пр}}} t_{\text{пр}(k)}$ –

суммарный простой вагона на станции учета в нерабочем парке от момента прибытия вагона на станцию учета до момента отправления со станции учета или момента окончания расчетного периода; $k_{\text{пр}}$ – количество переводов вагона из рабочего парка в нерабочий парк от момента прибытия вагона на станцию учета до момента отправления со станции учета или момента окончания расчетного периода.

Незавершенный простой:

$$t'_{\text{нзп}}[t_{\text{пр}}, t_k] = t_k - t_{\text{пр}} - \sum_{k=1}^{k_{\text{пр}}} t_{\text{пр}(k)}, \quad (4)$$

где t_k – момент окончания расчетного периода (17-00 или 18-00).

Таблица 2 – Моменты идентификации нахождения вагонов на станциях при учете его простоя за расчетный период

Идентификация состояния вагона на станции относительно расчетного периода	Расчетная формула	Схема идентификации моментов учета
Незавершенный простой		
<i>Прибытие вагона на станцию до начала расчетного периода и отправление после окончания расчетного периода</i>		
На момент окончания расчетного периода вагон находится в рабочем парке	$t_i [t_{\text{пр}}, t_k]$	
Вагон был переведен в нерабочий парк в течение расчетного периода и на момент окончания расчетного периода он находится в нерабочем парке	$t_i [t_{\text{пр}}, t_k] t_{\text{нр}i}$	
Вагон был переведен в нерабочий парк в предыдущий расчетный период и на момент окончания расчетного периода он находится в нерабочем парке	$t_i [t_{\text{пр}}, t_k] t_{\text{нр}i}$	
<i>Прибытие вагона на станцию в течение расчетного периода и отправление после окончания расчетного периода</i>		
На момент окончания расчетного периода вагон находится в рабочем парке	$t_i [t_{\text{пр}}, t_k]$	

Окончание таблицы 2

Идентификация состояния вагона на станции относительно расчетного периода	Расчетная формула	Схема идентификации моментов учета
На момент окончания расчетного периода вагон находится в нерабочем парке	$t_i [t_{пр}, t_{от}] t_{нрi}$	
Завершенный простой		
<i>Прибытие вагона на станцию до начала расчетного периода и отправление в течение расчетного периода</i>		
Вагон отправлен со станции в течение расчетного периода	$t_i [t_{пр}, t_{от}] -$	
Вагон в течение расчетного периода переводился в нерабочий парк	$t_i [t_{пр}, t_{от}] t_{нрi}$	
<i>Прибытие и отправление вагона со станции в течение расчетного периода</i>		
Вагон отправлен со станции в течение расчетного периода	$t_i [t_{пр}, t_{от}] -$	
Вагон в течение расчетного периода переводился в нерабочий парк	$t_i [t_{пр}, t_{от}] t_{нрi}$	
<p>Условные обозначения:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ – отправление вагона со станции учета; ● – прибытие вагона на станцию учета; ◆ – момент учета вагона на конец расчетного периода; —▶ – нахождение вагона на станции учета между моментом прибытия и отправления; ••▶ – нахождение вагона в нерабочем парке. 		

*Расчет простоя
одного вагона на станции*

Простой i -го вагона на станции учета с незавершенным циклом операций определяется следующим образом:

1) в первом методе – как сумма завершённых и незавершённых элементов простоя на станции учета на

момент окончания расчетного периода, без учета простоя вагона в нерабочем парке:

$$t_i [t_{пр}, t_{от}] = \sum_{j=1}^{m-1} t_i [t_j, t_{j+1}] + t_i' t_m, t_{от} \quad (5)$$

где $\sum_{j=1}^{m-1} t_i [t_j, t_{j+1}]$ – сумма завершённых элементов

простою i -го вагона на станции учета в рабочем парке; t_i t_m, t_k – продолжительность незавершенного элемента простоя i -го вагона на станции учета в рабочем парке; m – количество операций с вагоном на станции учета на момент окончания расчетного периода.

2) во втором методе – как незавершенный простой вагона на момент окончания расчетного периода по формуле (4).

Простой i -го вагона на станции учета с завершенным циклом операций определяется следующим образом:

1) в первом методе – как сумма завершенных элементов простоя на станции:

$$t_i [t_{\text{пр}}, t_k] = \sum_{j=1}^{m-1} t [t_j; t_{j+1}]; \quad (6)$$

2) во втором методе – как завершенный простой вагона на станции на момент окончания расчетного периода и рассчитывается по формуле (3).

Расчет простоя одного собственного (арендованного) вагона

При учете простоя собственных или арендованных вагонов на станциях приписки арендаторов и собственников, а также на станциях, где у собственника (арендатора) вагона имеются собственные (арендованные) пути, из времени простоя необходимо исключать время нахождения этих вагонов на путях собственников и арендаторов.

Исходя из данного условия, *простой одного физического собственного (с) (арендованного (а)) вагона на путях собственников (арендаторов)* на конец расчетного периода можно определить двумя способами:

1) в первом методе – как сумма завершенных и незавершенного элементов простоя по станции приписки соб-

ственника или арендатора вагона, за исключением простоя вагона в нерабочем парке и простоя на путях собственника (арендатора) и рассчитывается по формуле (5);

2) во втором методе – как завершенный или незавершенный простой без учета простоя вагона в нерабочем парке и простоя на путях собственника (арендатора) по формуле (таблица 3):

– при завершенном простое –

$$t^{c(a)} [t_{\text{пр}}, t_0] = t_0^{c(a)} - t_{\text{пр}}^{c(a)} - t_{\text{ГП}}^{c(a)} [t_{\text{под}}, t_{\text{уб}}] - \sum_{j=1}^{k_{\text{пр}}} t_{\text{пр}j}^{c(a)}; \quad (7)$$

– при незавершенном простое –

$$t^{c,a} [t_{\text{пр}}, t_k] = t_k^{c(a)} - t_{\text{пр}}^{c(a)} - t_{\text{ГП}}^{c(a)} [t_{\text{под}}, t_{\text{уб}}] - \sum_{j=1}^{k_{\text{пр}}} t_{\text{пр}j}^{c(a)}, \quad (8)$$

где $t_{\text{ГП}}^{c(a)} [t_{\text{под}}, t_{\text{уб}}]$ – простой собственного (арендованного) вагона на путях собственника (арендатора).

Простой собственного или арендованного вагона на путях собственника (арендатора) вагона учитывается от момента подачи вагона на путь собственника (арендатора) до момента уборки вагона с пути:

– в случае уборки вагонов в течение расчетного периода –

$$t_{\text{ГП}}^{c(a)} [t_{\text{под}}, t_{\text{уб}}] = t_{\text{уб}}^{c(a)} - t_{\text{под}}^{c(a)}; \quad (9)$$

– в случае уборки вагонов после окончания расчетного периода –

$$t_{\text{ГП}}^{c(a)} [t_{\text{под}}, t_k] = t_k - t_{\text{под}}^{c(a)}. \quad (10)$$

Таблица 3 – Моменты идентификации нахождения собственных и арендованных вагонов на станциях приписки собственников и арендаторов при учете его простоя за расчетный период

Идентификация состояния вагона на станции относительно расчетного периода	Расчетная формула	Схема идентификации моментов учета
Незавершенный простой		
<i>Прибытие собственного (арендованного) вагона на станцию до начала расчетного периода и отправление после окончания расчетного периода</i>		
Вагон был подан и убран в текущем расчетном периоде	$t_{c(a)} [t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_k] - t_{\text{ГП}}^{c(a)}$	
Вагон был подан в предыдущем расчетном периоде, а убран в текущем расчетном периоде	$t_{c(a)} [t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_k] - t_{\text{ГП}}^{c(a)}$	

<p>Вагон был подан в текущем расчетном периоде и на момент окончания расчетного периода находится на грузовом пункте</p>	$t_{c(a)} \left[t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_{\text{к}} \right] - t_{\text{гр}}^{c(a)}$	
--	---	--

Окончание таблицы 3

Идентификация состояния вагона на станции относительно расчетного периода	Расчетная формула	Схема идентификации моментов учета
<p>Вагон был подан в предыдущий расчетный период и на момент окончания расчетного периода находится на грузовом пункте</p>	$t_{c(a)} \left[t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_{\text{к}} \right] - t_{\text{гр}}^{c(a)}$	

Прибытие собственного (арендованного) вагона на станцию в течение расчетного периода и отправление после окончания расчетного периода

<p>Вагон был подан и убран в текущем расчетном периоде</p>	$t_{c(a)} \left[t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_{\text{к}} \right] - t_{\text{гр}}^{c(a)}$	
<p>Вагон был подан в текущем расчетном периоде и на момент окончания расчетного периода находится на грузовом пункте</p>	$t_{c(a)} \left[t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_{\text{к}} \right] - t_{\text{гр}}^{c(a)}$	

Завершенный простой

Прибытие собственного (арендованного) вагона на станцию до начала расчетного периода и отправление в течение расчетного периода

<p>Вагон подан в предыдущем периоде</p>	$t_{c(a)} \left[t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_{\text{от}}^{c(a)} \right] - t_{\text{гр}}^{c(a)}$	
<p>Вагон подан в текущем периоде</p>	$t_{c(a)} \left[t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_{\text{от}}^{c(a)} \right] - t_{\text{гр}}^{c(a)}$	

Прибытие и отправление собственного или арендованного вагона со станции в течение расчетного периода

<p>Вагон отправлен со станции в течение расчетного периода</p>	$t_{c(a)} \left[t_{\text{пр}}^{c(a)}, t_{\text{от}}^{c(a)} \right] - t_{\text{гр}}^{c(a)}$	
--	---	--

Условные обозначения:

- – отправление вагона со станции учета;
- – прибытие вагона на станцию учета;
- ◆ – момент учета вагона на конец расчетного периода;
- ▶ – нахождение вагона на станции учета между моментом прибытия и отправления;
- ▶ – нахождение вагона на станции учета в нерабочем парке;
- ▲ – подача-уборка вагона на пути собственника (арендатора) вагона.

Средний простой вагона на станции

Для определения среднего простоя вагона на станции учета необходимо найти суммарный простой вагонов на станции (суммарные вагоно-часы простоя).

Суммарный простой вагонов на станции учета на момент окончания расчетного периода

$$\sum B = \sum_{i=1}^{n_3} t_i^3 + \sum_{i=1}^{n_{нз}} t_i^{нз}, \quad (11)$$

где $\sum_{i=1}^{n_3} t_i^3, \sum_{i=1}^{n_{нз}} t_i^{нз}$ – соответственно суммарный простой вагонов с завершенным и незавершенным простоем на станции учета; n_3 – число вагонов с завершенным простоем на момент окончания расчетного периода; $n_{нз}$ – число вагонов с незавершенным простоем на станции на момент окончания расчетного периода.

Число вагонов с завершенным простоем на момент окончания расчетного периода

$$n_3 = n_o + n_{искл}, \quad (19)$$

где n_o – число вагонов, отправленных со станции учета за расчетный период; $n_{искл}$ – число вагонов, исключенных из АБД ПВ (автоматизированного банка данных парка грузовых вагонов) в расчетном периоде.

Число вагонов с незавершенным простоем на станции на момент окончания расчетного периода

$$n_{нз} = R_p^{(17)} + \Delta R_{нр(p \rightarrow нр)}^{(17)}, \quad (12)$$

где $R_p^{(17)}$ – рабочий парк вагонов на 17-00 (18-00) на станции учета; $\Delta R_{нр(p \rightarrow нр)}^{(17)}$ – часть нерабочего парка вагонов на 17-00 (18-00), которая включает вагоны, переведенные из рабочего парка в нерабочий за время простоя на станции учета.

Суммарный простой вагонов по элементам:

– по прибытию –

$$\sum B_{пр} = \sum_{i=1}^n t_{прi}; \quad (13)$$

– при подаче –

$$\sum B_{под} = \sum_{i=1}^{n_m} t_{подi}; \quad (14)$$

– под грузовыми операциями –

$$\sum B_{гр} = \sum_{i=1}^{n_m} t_{гри}; \quad (15)$$

– при уборке –

$$\sum B_{y6} = \sum_{i=1}^{n_m} t_{y6i}; \quad (16)$$

– при уборке из ремонта –

$$\sum B_{y6}^{рем} = \sum_{i=1}^{n_{рп}} t_{y6i}^{рем}; \quad (17)$$

– по формированию –

$$\sum B_{\phi} = \sum_{i=1}^n t_{\phi i}; \quad (18)$$

– по отпавлению –

$$\sum B_o = \sum_{i=1}^n t_{oi}, \quad (19)$$

где n – учетный парк вагонов за расчетный период времени T ; n_m – учетный парк местных вагонов за расчетный период времени T ; $n_{рп}$ – учетный парк вагонов, убранных из ремонта, за расчетный период времени T .

Средний простой вагона на станции учета

$$\bar{t} = \frac{\sum B}{n_o + n_{искл} + R_p^{(17)} + \Delta R_{нр(p \rightarrow нр)}^{(17)}}. \quad (20)$$

Средний простой вагона по элементам:

– по прибытию –

$$\bar{t}_{пр} = \frac{\sum nt_{пр}}{n}; \quad (21)$$

– при подаче –

$$\bar{t}_{под} = \frac{\sum nt_{под}}{n_m}; \quad (22)$$

– под грузовыми операциями –

$$\bar{t}_{гр} = \frac{\sum nt_{гр}}{n_m}; \quad (23)$$

– при уборке –

$$\bar{t}_{y6} = \frac{\sum nt_{y6}}{n_m}; \quad (24)$$

– при уборке из ремонта –

$$\bar{t}_{y6}^{рем} = \frac{\sum nt_{y6}^{рем}}{n_{рп}}; \quad (25)$$

– по формированию –

$$\bar{t}_{\phi} = \frac{\sum nt_{\phi}}{n}; \quad (26)$$

– по отпавлению –

$$\bar{t}_o = \frac{\sum nt_o}{n}. \quad (27)$$

Учет суммарных вагоно-часов и среднесуточного простоя вагонов целесообразно вести по следующим уровням детализации показателя:

– по роду подвижного состава (крытые, платформы, полувагоны, цистерны, рефрижераторные секции, прочие);

– собственнику вагона (собственные и арендованные перевозчиками, собственные и арендованные операторских компаний, собственные и арендованные предприятий и организаций Республики Беларусь и других государств);

– состоянию вагона (груженный, порожний);

– категории вагонопотока (транзитный без переработки, транзитный с переработкой и местный вагон).

Пономерный способ учета простоя вагонов на станциях является основой расчета производных показателей использования вагонов всех собственников на инфраструктуре железнодорожного транспорта. Применение метода пономерного учета и расчета показателей позволяет сформировать новую модель анализа работы станции, основанную на пооперационном учете местонахождения и состояния каждого вагона, находящегося в эксплуатации, а также с учетом рода

подвижного состава, его принадлежности, состояния и вида сообщения.

Список литературы

1 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. / П. С. Грунтов [и др.] ; под общ. ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

2 **Ковалев, В. И.** Управление парками вагонов стран СНГ и Балтии на железных дорогах России / В. И. Ковалев, С. Ю. Елисеев, А. Т. Осьминин ; под ред. В. И. Ковалева, С. Ю. Елисеева, Е. Ю. Мокейчева. – М. : Маршрут, 2006. – 245 с.

3 **Тишкин, Е. М.** Автоматизация управления вагонным парком / Е. М. Тишкин. – М. : Интекс, 2000. – 224 с.

4 Инструкция по учету простоя грузовых вагонов на железнодорожной станции на Белорусской железной дороге : утв. приказом Начальника Белорусской ж. д. от 11.12.2008 г. № 547Н. – Минск : Белорусская ж. д., 2008. – 14 с.

5 Расчет показателей использования вагонов на основе автоматизированного учета состояния и местонахождения вагона рабочего парка / В. Г. Кузнецов [и др.] // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2011. – № 2. – С. 29–35.

Получено 02.03.2015

V. G. Kuznetsov, O. I. Bik-Mukhametova. Method of calculation the downtime cargo rail vehicles on the basis of a number way of their account.

Existing information technologies for rail transport allow you to implement new accounting principles state of the car and of calculating demurrage at the stations on the basis of a number way of their account. Presents the method of calculation of demurrage at the station, taking into account the owner of the car on the basis of a number way of their account.

УДК 629.463.63

М. М. КОЛОС, кандидат технических наук, М. А. ГОНЧАР, магистр технических наук; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ЗАПОЛНЕНИЯ ПАМЯТКИ ПРИЁМОСДАТЧИКА И УЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЯ ВАГОНОВ/КОНТЕЙНЕРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Приведён анализ практики заполнения памятки приёмосдатчика на предмет выполнения ею функций учёта приёмосдаточных операций и функций удостоверения времени для начисления платы за пользование вагонами. Рассмотрена технология выполнения приёмосдаточных операций при обслуживании железнодорожного пути необщего пользования локомотивом перевозчика и при обслуживании локомотивом, не принадлежащим перевозчику. Выявлены недостатки в форме и порядке заполнения памятки, предложена альтернативная форма памятки.

Введение. Совершенствование взаимодействия железной дороги с путями необщего пользования является важнейшей задачей. Регламентация взаимодействия станции примыкания и пути необщего пользования отличается достаточной сложностью. В каждом отдельном случае необходимо учитывать разнообразие технического оснащения, технологию осуществления работ по подаче-уборке, особенности приёмосдаточных операций, организацию документального оформления и расчетов за дополнительные работы и услуги.

Надлежащий учет времени нахождения вагонов на путях необщего пользования и железнодорожных станциях имеет важное значение как для организаций железной дороги, так и для грузоотправителей, грузополучателей. Имущественная ответственность за пользование вагонами и контейнерами железной дороги введена в качестве меры, направленной на ускорение выполнения погрузочно-разгрузочных работ, что позволяет уменьшить срок оборота вагона.

Время нахождения вагонов на пути необщего пользования учитывается по номерному способу с составлением памятки приемосдатчика формы ГУ-45 и ведомости подачи и уборки вагонов формы ГУ-46. Памятка приемосдатчика и ведомость подачи и уборки вагонов являются основными документами для учета времени нахождения вагонов на путях необщего пользования.

Начисление платы за подачу и уборку вагонов на основании памяток ГУ-45 сегодня является достаточно сложной и не в полной мере автоматизированной операцией. В этих условиях актуальным является пересмотр технологии выполнения приёмосдаточных операций, а также формы памятки приёмосдатчика. Целью исследования является анализ памятки приёмосдатчика на предмет выполнения ею функций учёта приёмосдаточных операций и функций удостоверения времени для начисления платы за пользование вагонами.

Заполнение памяток приемосдатчика на станциях производится в соответствии с Инструкцией по заполнению памятки приемосдатчика на подачу и уборку вагонов формы ГУ-45. В памятку включаются все вагоны, одновременно поданные на путь необщего пользования.

Памятка приемосдатчика подписывается работниками железной дороги и принимающей или сдающей стороной (грузоотправителем, грузополучателем, мастером вагонного депо и т.д.) два раза:

- 1) при подаче:
 - локомотивом перевозчика – в момент завершения подачи к местам погрузки, выгрузки, совершении технических и других операций;
 - локомотивом, не принадлежащим перевозчику, к местам погрузки, выгрузки, – в момент окончания приёмосдаточной операции на выставочном пути;
- 2) при уборке:
 - локомотивом перевозчика – в момент уборки вагонов с мест погрузки, выгрузки, совершения технических и других операций;
 - локомотивом, не принадлежащим перевозчику, с мест погрузки, выгрузки, – в момент окончания приёмосдаточной операции на выставочном пути [1].

В памятке приемосдатчика предусмотрена фиксация трех моментов выполнения технологических операций: подача/передача на выставочный путь (гр. 6), уведомление о завершении грузовой операции/возврат на выставочный путь (гр. 7) и уборка (гр. 8). Одновременно с этим памятка предусматривает подтверждение выполнения приема и сдачи вагона подписями двух сторон только два раза.

В памятке ГУ-45 проставляются первые две подписи с одновременным указанием в гр. 6 времени подачи на путь необщего пользования/окончания приёмосдаточных операций на выставочных путях.

При обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика время, указанное в гр. 7 о завершении грузовых операций, проставляется на основании уведомления грузоотправителя/грузополучателя и *подтверждается* его подписью в памятке. *Время уборки вагона* с мест погрузки и выгрузки, указанное в гр. 8 памятки, *подтверждается* подписью приемосдатчика железной дороги.

При обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику, в гр. 7 указывается время окончания приёмосдаточных операций на выставочных путях, которое *подтверждается* подписями сторон в памятке.

Для полного учета выполнения технологических операций с вагонами на путях необщего пользования необходимо знать:

1 Время подачи вагона – фиксируется момент постановки вагона на фронт погрузки-выгрузки локомотивом перевозчика.

2 Окончание приёмсдаточных операций при подаче под грузовые операции – фиксируется момент окончания приёмсдаточных операций.

2.1 При обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика – одновременно с подачей вагонов на места погрузки-выгрузки.

2.2 При обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику – на выставочном пути.

3 Время завершения грузовой операции – передается клиентом по факту завершения грузовой операции.

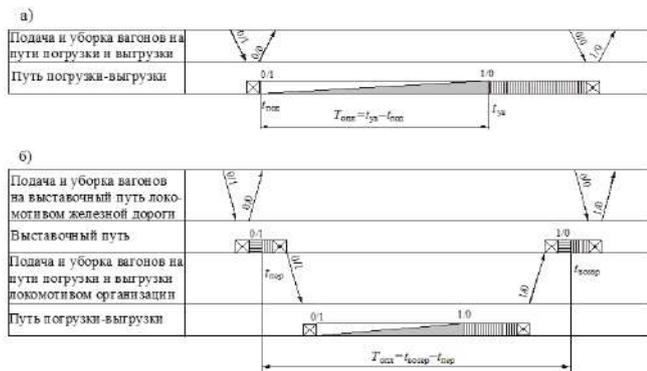
4 Окончание приёмсдаточных операций при уборке после грузовых операций – фиксируется момент окончания приёмсдаточных операций.

4.1 При обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика – одновременно с уборкой вагонов с мест погрузки-выгрузки.

4.2 При обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику – на выставочном пути.

5 Время уборки вагона – фиксируется время фактической уборки вагонов с мест погрузки/выгрузки или с выставочного пути локомотивом перевозчика [2].

При обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика плата за пользование вагонами начисляется с момента подачи вагона на фронт погрузки до момента передачи уведомления о завершении грузовой операции (рисунок 1) [1].



Условные обозначения:

- подача и уборка вагонов маневровыми локомотивами;
- отцепка и расстановка вагонов у грузовых фронтов или на выставочном пути;
- сборка и прицепка вагонов на грузовых фронтах или выставочном пути;
- выгрузка вагонов; - погрузка вагонов;
- приёмсдаточные операции на выставочном пути;
- межоперационный простой вагонов.

Рисунок 1 – Технологические схемы учета простоя вагонов; а – обслуживание пути необщего пользования локомотивом перевозчика; б – обслуживание пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику

Для отслеживания всех технологических операций с вагоном, в том числе и приёмсдаточных, необходима фиксация следующих времен: подача на путь необщего пользования, окончание приёмсдаточных операций на местах погрузки-выгрузки после подачи, уведомление о завершении грузовой операции, окончание приёмсдаточных операций на местах погрузки-выгрузки перед уборкой вагонов, уборка вагонов.

В соответствии с п. 26 Правил эксплуатации железнодорожных путей необщего пользования, прием и сдача вагонов, контейнеров и грузов при обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика производятся на местах погрузки, выгрузки [3]. На практике приёмсдаточные операции могут производиться в одностороннем порядке:

– в случае значительной удалённости пути необщего пользования и невозможности приёмсдатчика железной дороги присутствовать при подаче вагонов

– в случае отсутствия грузополучателя/грузоотправителя при некруглосуточной работе железнодорожного пути необщего пользования.

Такие случаи приводят к неодновременному подписанию памятки принимающей и сдающей стороной, что противоречит требованиям Правил эксплуатации железнодорожных путей необщего пользования.

В соответствии с Инструкцией по заполнению памятки приёмсдатчика на подачу и уборку вагонов формы ГУ-45 (приказ Начальника Белорусской железной дороги 09.08.2004 №184 Н), указывается время подачи вагонов к месту грузовых операций (на путь необщего пользования) [1]. Таким образом, прописанный в Инструкции порядок заполнения памятки приёмсдатчика регламентирует подписание памятки по факту подачи вагонов, что противоречит приписанной памятке функции по учёту приёмсдаточных операций.

Передача уведомления об окончании грузовой операции с фиксацией времени передачи служит для корректного расчета времени пользования вагонами или контейнерами и компенсирует факторы, не зависящие от грузоотправителя, грузополучателя, – невозможность оперативной уборки вагонов из-за отсутствия или занятости локомотива станции.

По аналогии с приёмсдаточными операциями, выполняемыми при подаче вагонов на путь необщего пользования, при уборке также возможна ситуация с отсутствием на пути необщего пользования приёмсдатчика железной дороги или грузоотправителя/грузополучателя. Правила эксплуатации оговаривают необходимость выполнения приёмсдаточных операций у мест погрузки/выгрузки, а Инструкция по заполнению памятки оговаривает фиксацию времени уборки вагонов с мест погрузки, выгрузки [2].

При обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику, плата за пользование вагонами начисляется с момента окончания приёмсдаточных операций при подаче вагонов до момента окончания приёмсдаточных операций при уборке вагонов (рисунок 1). Для отслеживания технологических операций с вагоном необходима фиксация следующих времен: окончание приёмсдаточных операций на выставочных путях перед подачей к местам погрузки-выгрузки, уведомление о готовности вагонов к уборке с выставочного пути, окончание приёмсдаточных операций на выставочных путях после уборки с мест погрузки-выгрузки, уборка вагонов локомотивом перевозчика с выставочных путей.

Времена окончания приёмсдаточных операций на выставочных путях перед подачей вагонов на места погрузки-выгрузки до момента окончания приёмсдаточных операций на выставочных путях фиксируются в гр. 6 и 7 в памятке приёмсдатчика в соответствии с прави-

лами эксплуатации путей необщего пользования и в соответствии с Инструкцией по заполнению памятки приемосдатчика.

Так как в этом случае в памятке приемосдатчика фиксируется время выполнения приемосдаточных операций, подписи сторон подтверждают и факт совершения приемосдаточных операций, и время их окончания.

В соответствии с п. 28 Правил эксплуатации путей необщего пользования при готовности вагонов к уборке с пути необщего пользования или выставочного пути владелец пути необщего пользования, агент или пользователь должен передать уведомление о времени завершения грузовой операции на железнодорожную станцию, которое фиксируется в книге уведомлений формы ГУ-2а. Это время не указывается в памятке приемосдатчика и не влияет на начисление платы за пользование вагонами.

Время уборки вагонов с выставочных путей локомотивом перевозчика в соответствии с Инструкцией по заполнению памятки должно фиксироваться в гр. 8 памятки приемосдатчика.

Таким образом, в рамках взаимодействия станции примыкания и пути необщего пользования необходимо обеспечить учет:

- факта выполнения приемосдаточных операций,
- передачи уведомлений от станции грузоотправителю, грузополучателю и в обратном направлении;
- продолжительности простоя вагонов на путях необщего пользования;
- времени подачи и уборки вагонов и их количества,
- выполнения дополнительной маневровой работы по заявкам грузоотправителей и грузополучателей;
- дополнительных обстоятельств, влияющих на расчеты между железной дорогой и грузоотправителем, грузополучателем [2].

Сложившаяся практика применения памятки приемосдатчика свидетельствует о попытке приспособить ее для фиксации максимального количества технологических операций, однако, учитывая ограниченное количество подписей сторон, это в принципе невозможно (таблица 1).

Таблица 1 – Сводная таблица соответствия технологических операций, фиксации времени их выполнения и заполнения памяти приемосдатчика

	Принадлежность локомотива	Операции, не фиксируемые в памятке		Операции, фиксируемые или частично фиксируемые в памятке					
		1 Уведомление о прибытии	2 Уведомление о планируемом времени подачи	3 Подача на грузовой фронт	4 Подачи на выставочный путь	5 Окончание приемосдаточных операций	6 Уведомление об окончании грузовой операции	7 Уведомление о готовности к приёмосдаточным операциям	8 Окончание приемосдаточных операций
Наименование технологических операций с вагоном на станции примыкания и путях необщего пользования	Железнодорожной								
	Не принадлежащий железной дороге								
Время выполнения операций, фиксируемых в памятке приемосдатчика ГУ-45	Железнодорожной			3 Подача					
	Не принадлежащий железной дороге			4 Подачи	5 Окончание		6 Уведомление		
					приемосдаточных		о завершении	8 Окончание	Уборка
					операций		грузовой	приемосдаточных	Уборка
							операции	операций	
Номер графы памятки приемосдатчика ГУ-45					6		7		8
Распределение подписей в памятке приемосдатчика ГУ-45					1 Подпись приемосдатчика железной дороги 2 Подпись клиента		3 Подпись клиента		4 Подпись приемосдатчика железной дороги

Анализ сложившейся ситуации позволил выявить следующие недостатки при ведении памятки ГУ-45:

1) вразрез с положениями правил перевозок грузов в памятке не отражается и не подтверждается подписью время выполнения приемосдаточных операций при обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика;

2) в памятке используется некорректная терминология при фиксации времени выполнения приемосдаточных операций при обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику: «передача на выставочный путь»; «возврат на выставочный путь»;

3) в памятке отсутствует возможность записи времени уведомления о готовности к приёмосдаточным операциям при обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику, что особенно критично для выставочных путей, находящихся вне территории станции;

4) подписывая памятку при возвращении вагонов с пути необщего пользования, приемосдатчик станции подтверждает своей подписью не момент выполнения приемосдаточных операций, а время уборки вагона для ведения статистической отчетности;

5) «привязка» группы одновременно поданных вагонов к одной памятке вызывает избыточную бумажную работу по формированию новых памяток при осуществлении технологических операций с одним или несколькими вагонами из этой группы;

6) при уборке вагонов грузоотправителя, грузополучателя с путей необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику, обязательным является указание помимо времени уборки времени окончания выгрузки, для которого не предусмотрена отдельная графа в памятке.

В соответствии с Приказом №1156НЗ от 06.11.2014 «О переходе к использованию памятки приемосдатчика формы ГУ-45а, ГУ-45 в форме электронного документа» памятка приемосдатчика оформляется в электронной форме и подписывается электронно-цифровой подписью (далее – ЭЦП) в автоматизированной системе «Электронная перевозка».

С переходом к подписанию памятки ГУ-45 ЭЦП в АС «Электронная перевозка» фиксируются те же самые времена, что и в бумажной форме. Отличительной особенностью является отказ от передачи уведомления об окончании грузовой операции, и фиксации этого момента времени непосредственно в памятке приемосдатчика, то есть реализуется полный отказ от ведения книги ГУ-2а как в бумажной, так и в электронной форме. Реализованная технология не предусматривает наличие уведомлений о готовности вагонов к приёмосдаточным операциям на выставочных путях. В памятку это время не может быть проставлено, так как в ней фиксируется момент окончания приемосдаточных операций на выставочных путях для последующего выполнения расчета платы за пользование вагонами.

Таким образом, существующая в нынешнем виде памятка ГУ-45 (как в бумажном, так и в электронном виде) не выполняет функции учета приемосдаточных операций, предписанные ей Правилами перевозок грузов, а служит документом, удостоверяющим время, необходимое для дальнейшего расчета платы за пользова-

ние вагонами и формирования статистики по поданным и убраным вагонам.

В сложившихся условиях целесообразно пересмотреть форму памятки приемосдатчика, подразумевая, что она должна и подтверждать выполнение приемосдаточных операций, и обеспечивать удобство последующего расчета платы за пользование вагонами. Необходимые графы памятки при обслуживании пути необщего пользования локомотивами различной собственности представлены в таблице 2.

Таблица 2– Технологические операции, которые должны фиксироваться в памятке

Наименование технологических операций, которые необходимо фиксировать в памятке при обслуживании пути необщего пользования локомотивом	
перевозчика	не принадлежащем перевозчику
1 Подача на грузовой фронт	1 Подача на выставочный путь
2 Выполнение приемосдаточных операций	2 Выполнение приемосдаточных операций
3 Уведомление об окончании грузовой	3 Уведомление о готовности к приёмосдаточным операциям
4 Выполнение приемосдаточных операций	4 Выполнение приемосдаточных операций
5 Уборка вагонов	5 Уборка вагонов

При внедрении новой формы памятки важно не допустить критического возрастания количества подписей в памятке, что повысит трудоемкость ее ведения. Основным технологическим отличием предлагаемого варианта является допущение неодновременного заверения подписями сдающей и принимающей сторон факта выполнения приемосдаточных операций, что уже давно является негласной практикой. Железная дорога не в состоянии обеспечить присутствие представителя клиента при приёмосдаточных операциях. В таких случаях грузоотправитель/грузополучатель должен иметь возможность проставления своей подписи в памятке, подтверждая уже указанные в ней времена операций. Необходимо учитывать, что с переходом к ведению памятки приемосдатчика в виде электронного документа ее можно подписать только на рабочем месте, оборудованном АС «Электронная перевозка».

Предлагаемая технология с использованием ЭЦП при оформлении памятки приемосдатчика при обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика:

1 В памятке фиксируется время подачи вагона на места погрузки-выгрузки, которое одновременно рассматривается как время выполнения приемосдаточных операций со стороны перевозчика. Это время заносится в одностороннем порядке в АС «Электронная перевозка» приемосдатчиком железной дороги, удостоверяется его ЭЦП (стр. 1 таблицы 2).

2 Приемосдатчик грузоотправителя/грузополучателя в АС «Электронная перевозка» имеет возможность «Принять вагон/контейнер» без проставления времени, подтверждая только факт выполнения приемосдаточных операций со своей стороны посредством ЭЦП (стр. 2 таблицы 2).

3 При неприеме вагона/контейнера, например, порожнего под перевозку груза в коммерческом отношении, приемосдатчик грузоотправителя в АС «Электронная перевозка» может «Отказаться от приема вагона/контейнера» и указать время неприема. Для принятых порожних вагонов это время фиксируется в АС «Электронная перевозка» и автоматически заносится в уведомление об окончании грузовой операции.

4 После окончания грузовой операции ответственный работник грузоотправителя в АС «Электронная перевозка» передает уведомление об окончании грузовой операции, подписанное ЭЦП. Момент передачи уведомления фиксируется АС «Электронная перевозка» автоматически в соответствующей графе. Передача такого уведомления рассматривается как выполнение приемосдаточных операций со стороны грузоотправителя/грузополучателя (стр. 3 таблицы 2).

5 Приемосдатчик станции после осмотра вагона/контейнера может «Принять вагон/контейнер» или «Отказаться от приема вагона/контейнера». При приеме вагона (нажатии соответствующей кнопки интерфейса) приемосдатчик станции не указывает время окончания приемосдаточных операций, а лишь подтверждает факт их выполнения своей ЭЦП (стр. 4 таблицы 2).

6 При неприеме вагона, подтвержденном ЭЦП, в АС «Электронная перевозка» автоматически заводится акт общей формы. Проставление подписи (в стр. 4 таблицы 2), подтверждающей факт выполнения приемосдаточных операций, откладывается до момента устранения причин задержки.

7 Факт уборки вагона фиксируется в одностороннем порядке приемосдатчиком станции с указанием времени выполнения уборки, подтвержденном ЭЦП (стр. 5 таблицы 2).

Алгоритм предлагаемой технологии приведен на рисунке 2.

Предлагаемая технология с использованием ЭЦП при оформлении памятки приемосдатчика при обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику:

1 В памятке фиксируется время подачи вагона на выставочные пути, которое рассматривается, как предъявление вагонов к приемосдаточным операциям и заносится в одностороннем порядке в АС «Электронная перевозка» приемосдатчиком железной дороги, удостоверяется его ЭЦП (стр. 1 таблицы 2).

2 Ко времени, зафиксированному в (стр. 1 таблицы 2 в зависимости от количества одновременно предъявленных вагонов, добавляется время, необходимое на выполнение приемосдаточных операций исходя из нормы 1 мин/вагон, но не более 30 мин на одновременно поданную группу вагонов. Полученное время автоматически фиксируется в качестве времени окончания приемосдаточных операций. Приемосдатчик грузоотправителя/грузополучателя в АС «Электронная перевозка» имеет возможность «Принять вагон/контейнер» без проставления времени, подтверждая только факт выполнения приемосдаточных операций со своей стороны посредством ЭЦП (стр. 2 таблицы 2).

3 При неприеме вагона/контейнера, например, порожнего под перевозку груза в коммерческом отношении, приемосдатчик грузоотправителя в АС «Электронная перевозка» может «Отказаться от приема ваго-

на/контейнера». При отказе от приема порожнего вагона/контейнера под погрузку этот вагон исключается из памяти приемосдатчика как не прошедший приемосдаточные операции.

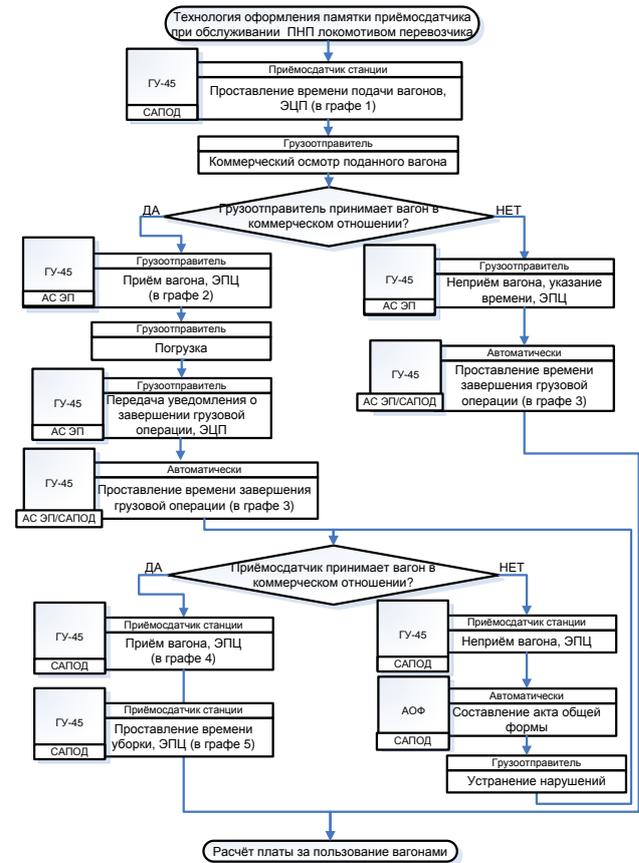


Рисунок 2 – Технология оформления памятки приемосдатчика при обслуживании пути необщего пользования локомотивом перевозчика

4 После окончания грузовой операции и постановки вагонов на выставочные пути ответственный работник грузоотправителя в АС «Электронная перевозка» передает уведомление о готовности вагонов к приемосдаточным операциям, подписанное ЭЦП. Момент передачи уведомления фиксируется АС «Электронная перевозка» автоматически в соответствующей графе. Передача такого уведомления рассматривается как предъявление вагонов к приемосдаточным операциям со стороны грузоотправителя/грузополучателя (стр. 3 таблицы 2).

5 Ко времени, зафиксированному в стр. 3 таблицы 2 в зависимости от количества одновременно предъявленных вагонов, добавляется время, необходимое на выполнение приемосдаточных операций исходя из нормы 1 мин/вагон, но не более 30 мин, одновременно поданную группу вагонов. Полученное время автоматически фиксируется в качестве времени окончания приемосдаточных операций. Приемосдатчик станции после осмотра вагона/контейнера может «Принять вагон/контейнер» или «Отказаться от приема вагона/контейнера» без проставления времени, подтверждая только факт выполнения приемосдаточных операций со своей стороны посредством ЭЦП (стр. 4 таблицы 2).

6 При неприеме вагона, подтвержденном ЭЦП, в АС «Электронная перевозка» автоматически заводится

акт общей формы. Проставление подписи (в стр. 4 таблицы 2), подтверждающей факт выполнения приемосдаточных операций, откладывается до момента устранения причин задержки.

7 Факт уборки вагона фиксируется в одностороннем порядке приемосдатчиком станции с указанием времени выполнения уборки, подтвержденном ЭЦП (стр. 5 таблицы 2).

Алгоритм предлагаемой технологии приведен на рисунке 3.

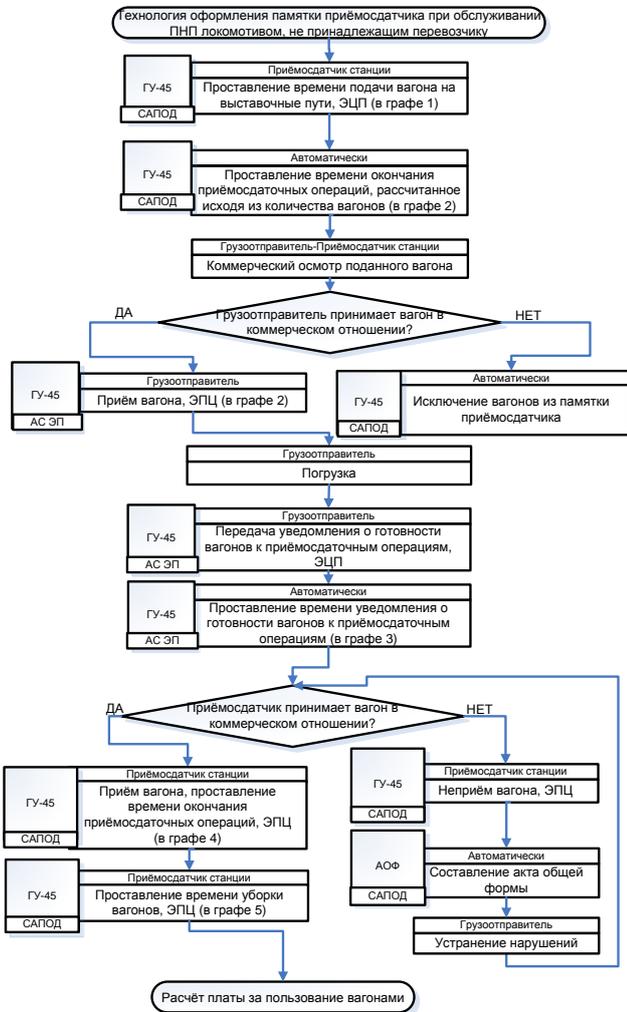


Рисунок 3 – Технология оформления памятки приёмосдатчика при обслуживании пути необщего пользования локомотивом, не принадлежащим перевозчику

Получено 02.02.2016

М. М. Kolos, М. А. Hanchar. The analysis of the gager instruction filling practice and of cars' or containers' idle time accounting on the railway track of uncommon use

The analysis of gager instruction filling practice, of its accounting acceptance operations functions and certificating car using time by it for charge of a payment is provided. The technology of acceptance operations on the railway track of uncommon use served by the carrier locomotive and served by the locomotive which doesn't belong to a carrier is considered. Shortcomings of a form and the gager instruction filling order are revealed, the alternative form of the instruction is offered.

Закключение. Предлагаемая технология увеличивает количество подписей в памятке приемосдатчика по сравнению с существующим вариантом на одну подпись, но позволяет корректно учесть все технологические операции, выполняемые на станции и железнодорожном пути необщего пользования. Кроме этого, можно осуществить отказ от ведения книги ГУ-2а вообще, так как все необходимые данные указываются в памятке приемосдатчика. Также становится возможной реализация связи «памятка – накладная», подразумевающая снятие вагонов с простоя у клиента только после подтверждения наличия оформленных документов. Возможно дополнить памятку приемосдатчика и графой «Уведомление о времени подачи», что в условиях автоматической передачи уведомления о прибытии вагонов на станцию (см. п. 6.5) избавит от необходимости ведения книг ГУ-2.

Таким образом, предлагаемые изменения в форме памятки приемосдатчика и алгоритмы ее ведения являются одним из этапов в комплексе мероприятий, необходимых для совершенствования взаимодействия железнодорожных путей необщего пользования и станций приемыкания.

Перспективным направлением применения информационных технологий для совершенствования взаимодействия станции с железнодорожными путями необщего пользования может являться переход к повагонному учету выполнения технологических операций. Для каждого вагона будет фиксироваться посредством ЭЦП время выполнения технологических операций начиная с прибытия вагона на станцию без привязки к какой-либо учетной форме, что позволит значительно сократить трудоемкость работы.

Список литературы

- 1 Инструкция по заполнению Памятки приемосдатчика на подачу и уборку вагонов формы ГУ-45 : [утв. Начальником Белорусской ж. д. от 09.08.2004 №184Н]. – Минск, 2004.
- 2 Разработка технологии работы железнодорожного транспорта общего пользования Республики Беларусь в условиях применения электронных юридически значимых документов : отчёт о НИР : 9558/ Белорус. гос. ун-т трансп.; рук. И. А. Еловой; исполн.: М. М. Колос [и др.]. – Гомель, 2015. – 282 с.
- 3 Сборник правил перевозок грузов железнодорожным транспортом общего пользования: в 2 ч. Ч. II. – Минск : Тесей, 2012. – 64 с.

УДК 656.21 : 656.4

А. А. АКСЁНЧИКОВ, старший научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДСИСТЕМЕ НА СТАНЦИИ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Предложено математическое описание модели взаимодействия элементов (технологических каналов) в подсистеме на станции передачи вагонов с учетом ее состояния: работоспособное состояние обеспечивающее полное функционирование, и неработоспособное состояние из-за отказа (задержки) одного из технологических каналов (элементов) обработки поездов. На примере парков приема и отправления с помощью графов показаны переходы этих подсистем из одного состояния в другое.

Данная модель может быть использована при создании интеллектуальной системы управления транспортным комплексом в целом и станцией передачи вагонов в частности, что приведет к повышению эффективности совместной работы объектов управления и управляющего оборудования.

Совершенствование технологии обработки поездов уменьшает простой вагонов на станции передачи вагонов не только под технологическими операциями, но и в ожидании их выполнения, что сокращает время доставки грузов к потребителю и повышает конкурентоспособность перевозок железнодорожным транспортом.

Станция передачи вагонов представляет собой сложную систему, состоящую из подсистем многократного действия, включающих многие элементы, одними из которых являются технологические каналы (бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи) [1], и ее состояние в определенный момент времени может быть представлено вектором [2]

$$\bar{Z}(t) = \begin{pmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \\ \vdots \\ X_i(t) \\ Y_j(t) \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $X_i(t)$ – функция, описывающая состояние каждого i -го элемента (технологического канала) подсистемы; $Y_j(t)$ – функция, описывающая потребность в выполнении каждой j -й задачи элементом (технологическим каналом).

Функция, описывающая состояние каждого i -го элемента (технологического канала) подсистемы, определяется как

$$X_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й элемент работоспособен;} \\ 0, & \text{если } i\text{-й элемент неработоспособен.} \end{cases}$$

Функция, описывающая потребность в выполнении каждой j -й задачи, определяется как

$$Y_j(t) = \begin{cases} 1, & \text{если есть потребность в выполнении } j\text{-й задачи;} \\ 0, & \text{если нет потребности в выполнении } j\text{-й задачи.} \end{cases}$$

Принимаем, что в течение суток имеется постоянная потребность в выполнении поставленной задачи, т. е. $Y_1(t) = 1$.

Каждому состоянию подсистемы, описываемому вектором $\bar{Z}(t)$, соответствует определенное значение характеристики качества ее функционирования:

$$\Phi_z(t) = \Phi[\bar{Z}(t)]. \quad (2)$$

При этом если $\Phi_z(t) = \Phi[\bar{Z}(t)] = 0$, то $Y_1(t) = 0$. Следовательно, математической моделью функционирования подсистем станции передачи вагонов как сложной системы многократного действия является случайный процесс $\Phi[\bar{Z}(t)]$, описывающий изменение во времени характеристики качества функционирования подсистемы и отличающийся особенностью, что значение характеристики качества функционирования подсистемы равно нулю, когда нет потребности в выполнении данной задачи.

Станция передачи вагонов как сложная система, состоящая из подсистем, функционирует дискретно в пространстве состояний и непрерывно во времени. Вследствие отказа, выражающегося в задержке обработки поезда в подсистеме станции передачи вагонов технологическим каналом (бригады ПТО, ПКО, работники СТЦ, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи), приводящего к задержке работы в подсистемах станции передачи вагонов, снижается качество и эффективность работы станции передачи вагонов в целом.

С точки зрения надежности технологические каналы (элементы) соединены последовательно (бригада ПТО, сотрудники органов пограничной службы и должностные лица таможи) [3], т. е. полный отказ (задержка обработки поезда) одного из них приводит к отказу (задержке) всей системы. Время между отказами отдельных технологических каналов (элементов) сложной системы и время восстановления их работоспособности являются случайными величинами.

Принимаем:

– потоки отказов (задержек в обработке поезда) и восстановлений подсистемы ординарны, т. е. в каждый момент времени может отказывать или заканчивать восстановление не более одного технологического канала;

– процесс функционирования подсистемы и ее элементов стационарный, т. е. интенсивность появления задержек в обработке поездов постоянна во времени;

– стационарный процесс работы подсистемы и ее технологических каналов (элементов) обладает свойством эргодичности, т. е. для каждой измеримой функции $f[x(t_1), \dots, x(t_n)]$ с вероятностью 1 среднее по времени равно среднему по множеству наблюдений.

Подсистема станции передачи вагонов может находиться в работоспособном состоянии и обеспечивать полное ее функционирование и находиться в неработоспособном состоянии из-за отказа (задержки) одного из технологических каналов (элементов) обработки поезда. На основании вышесказанного в таблице 1 представлены состояния технологических каналов и подсистемы.

Таблица 1 – Состояние технологических каналов и подсистемы

Технологический канал	Состояние технологического канала	Состояние подсистемы станции передачи вагонов
ПТО	Готов к обработке поезда	Работоспособное
	Отказ (задержка)	Неработоспособное
ПКО	Готов к обработке поезда	Работоспособное
	Отказ (задержка)	Неработоспособное
СТЦ	Готов к обработке поезда	Работоспособное
	Отказ (задержка)	Неработоспособное
Сотрудники органов пограничной службы	Готов к обработке поезда	Работоспособное
	Отказ (задержка)	Неработоспособное
Должностные лица таможни	Готов к обработке поезда	Работоспособное
	Отказ (задержка)	Неработоспособное

Переход подсистемы из одного состояния в другое характеризуется отказом (задержкой) обработки поезда или восстановлением только одного технологического канала (элемента) подсистемы. Каждый технологический канал (элемент) характеризуется средним временем между его отказами (задержками) обработки поезда T_{oi} и интенсивностью отказов (задержек) λ_{ij} , средним временем восстановления T_{vi} и интенсивностью восстановления μ_{ji} . В математической модели можно учесть влияние отказов (задержек) одних технологических каналов на работоспособность других. Например, отказ (задержка) обработки поезда сотрудниками органов пограничной службы приводит к отказу (задержке) обработки поезда бригадами ПТО, ПКО, СТЦ и должностными лицами таможни.

Введем обозначения для закона распределения времени между отказами (задержками) обработки поезда технологическими каналами и времени их восстановления:

$$F_i = 1 - e^{-\lambda_{ij}t}, \text{ или } F_i = 1 - e^{-\mu_{ji}t}, \quad (3)$$

где λ_{ij} – интенсивность отказов ($\lambda_{ij} = 1/T_{oi}$); μ_{ji} – интенсивность восстановления ($\mu_{ji} = 1/T_{vi}$).

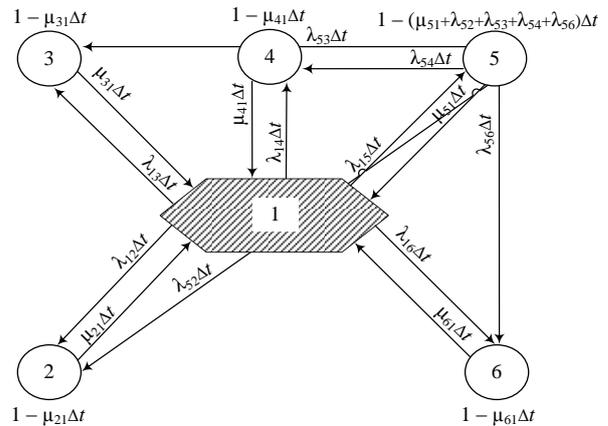
Характер перехода подсистемы из одного состояния в другое является марковским, т. е. все будущее поведение подсистемы зависит от настоящего и не зависит от

предыстории процесса [4]. Подсистема в этом случае определяется начальными вероятностями состояний и матрицей переходных вероятностей $P_{ij}(t_1, t_2)$, которая может быть построена с помощью графа состояний (рисунки 1, 2). При этом предполагается, что функция $P_{ij}(t_1, t_2)$ определена для любых значений t_1 и t_2 ($t_2 \geq t_1$). Эти вероятности удовлетворяют условиям

$$P_{ij}(t_1, t_2) \geq 0;$$

$$\lim_{t_2 \rightarrow t_1} P_{ij}(t_1, t_2) = \begin{cases} 0 & \text{для } i \neq j; \\ 1 & \text{для } i = j; \end{cases}$$

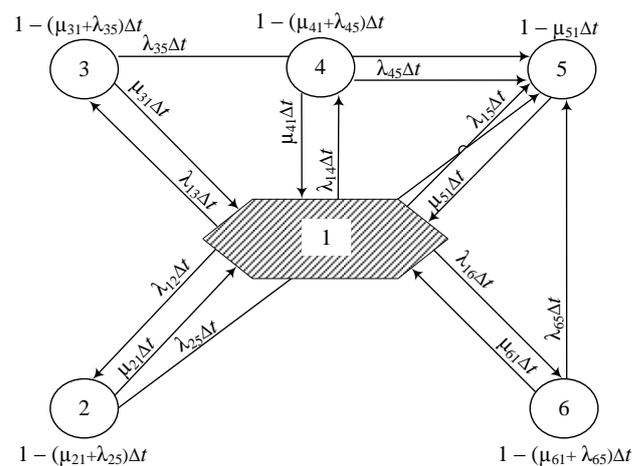
$$\sum P_{ij}(t_1, t_2) = 1 \text{ для любого } i.$$



Условные обозначения:

1 – парк станции; технологический канал: 2 – ПТО, 3 – ПКО, 4 – СТЦ, 5 – Сотрудники органов пограничной службы, 6 – должностные лица таможни

Рисунок 1 – Граф состояний подсистемы (парк приема) станции передачи вагонов



Условные обозначения представлены на рисунке 1.

Рисунок 2 – Граф состояний подсистемы (парк отправления) станции передачи вагонов

Поскольку процесс существования подсистемы – однородный и эргодический, то $P_{ij}(t_1, t_2) = P_{ij}(\Delta t)$ и для

любых состояний i и j можно указать такое $t (>0)$, что $P_i(t) > 0$.

Если распределение вероятностей состояний в момент времени t описывается вектором $\bar{P}_i(t)$, а распределение вероятностей состояний в момент времени $(t + \Delta t)$ – вектором $\bar{P}_i(t + \Delta t)$, то эти векторы связаны между собой отношением

$$\bar{P}_i(t + \Delta t) = \bar{P}_i(t) \bar{P}_{ij}(\Delta t), \quad (4)$$

где $\bar{P}_{ij}(\Delta t)$ – стохастическая матрица вероятностей перехода N -го порядка.

Для определения вероятностей перехода все состояния размеченного графа состояний пронумерованы от 1 до 6. Переходные вероятности для состояния $i \neq j$ представляются в виде

$$P_{ij}(\Delta t) = \lambda_{ij} \Delta t, \text{ или } P_{ij}(\Delta t) = \mu_{ji} \Delta t.$$

Вероятность $P_{ij}(\Delta t)$ остается в i -м состоянии определяется как вероятность события, дополнительного к совокупности всех возможных переходов из этого состояния в другие $j \neq i$:

$$P_{ij}(\Delta t) = 1 - \sum a_{ij} \Delta t,$$

где a_{ij} – интенсивность перехода из состояния i в состояние j (т.е. λ_{ij} или μ_{ji}).

При этом

$$P_{ij}(\Delta t) = \begin{cases} a_{ij} \Delta t, & j \neq i; \\ 1 - \sum_{j \neq i} a_{ij} \Delta t, & j = i. \end{cases} \quad (5)$$

Подставив выражение переходных вероятностей (5) и $P_i(t)$ в равенство (4), получим систему конечно-разностных уравнений. Вычтем из обеих частей уравнения $P_i(t)$ и разделим обе части на Δt , после чего перейдем к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$:

$$\frac{d}{dt} P_i(t) = \sum_{j=1}^N a_{ij} P_j(t) \begin{cases} i = 1, 2, \dots, N; \\ j = 1, 2, \dots, N, \end{cases} \quad (6)$$

где

$$a_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad j \neq i; \quad a_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t) - 1}{\Delta t}, \quad j = i;$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{0 \Delta t}{\Delta t} = 0, \quad j \neq i.$$

При этом

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} = 0; \quad a_{ij} \leq 0; \quad a_{ij} \geq 0.$$

Уравнение (6) является системой дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, которые связывают вероятности состояний с матрицей интенсивности переходов (7 – парк приема, 8 – парк отправления).

$$\begin{pmatrix} -\sum_{j \neq i} \lambda_{ij} & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \lambda_{14} & \lambda_{15} & \lambda_{16} \\ i=2 & -\mu_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mu_{31} & 0 & -\mu_{31} & 0 & 0 & 0 \\ \mu_{41} & 0 & 0 & -\mu_{41} & 0 & 0 \\ \mu_{51} & \lambda_{52} & \lambda_{53} & \lambda_{54} & -(\mu_{51} + \lambda_{52} + \lambda_{53} + \lambda_{54} + \lambda_{56}) & \lambda_{56} \\ \mu_{61} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_{61} \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix} -\sum_{j \neq i} \lambda_{ij} & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \lambda_{14} & \lambda_{15} & \lambda_{16} \\ i=2 & -(\mu_{21} + \lambda_{25}) & 0 & 0 & \lambda_{25} & 0 \\ \mu_{31} & 0 & -(\mu_{31} + \lambda_{35}) & 0 & \lambda_{35} & 0 \\ \mu_{41} & 0 & 0 & -(\mu_{41} + \lambda_{45}) & \lambda_{45} & 0 \\ \mu_{51} & 0 & 0 & 0 & -\mu_{51} & 0 \\ \mu_{61} & 0 & 0 & 0 & \lambda_{65} & -(\mu_{61} + \lambda_{65}) \end{pmatrix} \quad (8)$$

В матричной форме уравнение (6) можно записать следующим образом:

$$\frac{d}{dt} \bar{P}(t) = A \bar{P}(t),$$

где A – матрица интенсивности перехода (7, 8); $A \bar{P}(t)$ – вектор вероятностей состояний в момент времени t .

Матрица интенсивности перехода A является матрицей коэффициентов системы дифференциальных уравнений (6) для вероятностей $P_i(t)$ состояний подсистемы.

Для того чтобы найти решения системы дифференциальных уравнений (6), необходимо задать начальные условия в виде вероятностей $P_i(0)$, где $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ состояниям системы в начальный момент времени $t = 0$.

Решая систему дифференциальных уравнений (6) при начальных условиях $P_i(0)$, определяем вероятности $P_i(t)$ состояний подсистемы в любой момент времени t .

Диагональные элементы дифференциальной матрицы (7, 8) задаются равенством

$$a_{ij} = -\sum_{j \neq i} a_{ij}.$$

Поскольку процесс функционирования подсистемы стационарный и эргодический, то $\frac{d}{dt} P_i(t) = 0$ при $t \rightarrow \infty$, так как предельные вероятности P_i постоянны. Тогда имеем систему линейных уравнений

$$0 = \sum_{j=1}^N a_{ij} P_j, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, N.$$

Эта система уравнений с дополнительным условием $\sum_{j=1}^N P_j = 1$ достаточно для определения предельных вероятностей P_i .

Теперь, когда известны вероятности $P_i(t)$ того, что подсистема в момент времени t будет находиться в состоянии $Z_i(t)$, $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, известны предельные вероятности P_i и характеристики $\Phi_\zeta(t) = \Phi_i$ подсистемы в этих состояниях, можно определить показатель качества функционирования подсистемы в момент времени t

как математическое ожидание характеристики $\Phi_z(t)$ по формуле

$$\Phi(t) = M[\Phi_z(t)], \quad (9)$$

где $\Phi(t)$ – функция вектора $\bar{Z}(t)$, описывающего состояние системы, равна $\Phi[\bar{Z}(t)]$ и выходной эффект, который оценивается средним ожидаемым объемом перевозочной работы за интервал времени $t_1 \leq t \leq t_2$ и вычисляется по формуле

$$\varphi[t_1, t_2] = M[\varphi_z(t_1, t_2)], \quad (10)$$

где $\varphi_z(t_1, t_2)$ – выходной эффект подсистемы, соответствующий реализации функции $\Phi_z(t)$.

Данная модель может быть использована при создании интеллектуальной системы управления транспортным комплексом в целом и подсистемами станции передачи вагонов в частности, что приведет к повышению

эффективности совместной работы объектов управления и управляющего оборудования.

Список литературы

1 **Аксёничков, А. А.** Модель технологического процесса работы железнодорожной станции с учетом выполнения функций международной передаточной железнодорожной станции / А. А. Аксёничков // Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении : сб. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Т. I. – СПб. : Национальный минерально-сырьевой ун-т «Горный», 2014. – С. 11–15.

2 **Шишков, А. Д.** Народнохозяйственная эффективность повышения надежности технических средств железнодорожного транспорта. / А. Д. Шишков. – М. : Транспорт, 1986. – 183 с.

3 Стандарт организации СТП БЧ 15.249-2012. Типовой технологический процесс работы сортировочной и участковой станций Белорусской железной дороги. – Введ. 2012.12.29. – Мн. : Бел. ж. д., 2012. – 231 с.

4 **Вентцель Е. С.** Исследование операций. / Е. С. Вентцель. – М. : Советское радио, 1972. – 552 с.

Получено 02.02.2015

A. A. Aksionchykau. Development models interacting elements in the subsystem transfer station wagon in technical operations.

The mathematical description of the model of interaction of elements (tehnologicheskikh channels) in the subsystem on the transfer station wagon based on its state: a usable state provides full operation and inoperable due to the failure (delay) of one of the fuel channels (elements) processing trains. On the example of parks Send and Receive using a graph showing the transition of these subsystems from one state to another.

This model can be used to create intelligent system management of transport complex in general and the transfer station wagons in particular, that will increase the effectiveness of collaborative facilities management and control equipment.

УДК 629.4.014.76.004.67

Е. П. ГУРСКИЙ, кандидат технических наук, А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОГРУЗОЧНЫМИ РЕСУРСАМИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ ПРИЗНАКУ ПЕРЕВОЗКИ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМ РЕГЛАМЕНТОМ

Рассмотрены актуальные вопросы совершенствования системы обеспечения погрузочными ресурсами железнодорожных перевозок грузов с учетом требований технического регламента для эксплуатации вагонов грузового парка колеи стандарта 1520 мм и с учетом финансовых ограничений организаций железнодорожного транспорта Республики Беларусь. Учен опыт железных дорог иностранных государств с развитой экономикой и мощными финансовыми ресурсами по использованию вагонов грузового парка в соответствии с международными техническими регламентами и потребностями отраслей страны в грузовых перевозках, включающих защиту национальных интересов.

Главным условием выполнения грузовых перевозок в стране, экономика которой максимально ориентирована на экспорт товаров и услуг, а также на социальные потребности населения, является эффективное использование грузовых вагонов при наличии международного технического регламента с одной стороны, и возможностей организаций железнодорожного транспорта – с другой.

Использование технического регламента в странах Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) направлено в первую очередь на повышение безопасности эксплуатации вагонов грузового парка. При этом также учтены интересы производителей грузовых вагонов, в первую очередь в России, которые поставляют на сегодняшний день свыше 90 % вагонов (около 50000 ед.). С учетом сжимающего рынка потребителей грузовых вагонов (за последние 10 лет потребность в новых грузовых вагонах снижена на 36 %) такая мера со стороны России является обоснованной. За последние 15 лет финансовые возможности железнодорожных администраций ширины сети колеи стандарта 1520 мм снижены в 1,8 раза, а направление денежных средств на обновление парка грузовых вагонов уменьшено в 4,6 раза. Соответственно отмечено старение парка грузовых вагонов практически во всех странах – членах СНГ, Балтии, Болгарии. В Республике Беларусь отмечается незначительное уменьшение среднего возраста вагонного парка за счёт опережающих темпов обновления подвижного состава в соответствии с Государственной программой развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь на 2011–2015 г. Исключение составляет Финляндия, у которой парк железнодорожных вагонов имеет сроки службы от 14 лет по основной функциональной перевозке до 52 лет для перевозки отдельных грузов сезонного и функционального назначения внутри отдельных регионов страны.

Диаграмма распределения парка грузовых вагонов по годам эксплуатации в странах с развитой экономикой (Великобритания, Франция, Германия, Италия) показана на рисунке 1.

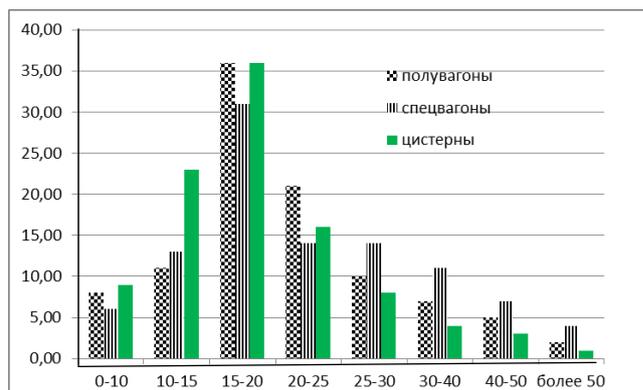


Рисунок 1 – Распределение парка грузовых вагонов по срокам эксплуатации (для стран с устойчивой экономикой)

Из приведенного рисунка видно, что максимальная доля вагонного парка приходится на сроки эксплуатации на период 15–20 лет. При этом надо отметить устойчивый диапазон распределения вагонного парка в пределах срока эксплуатации вагонов 10–25 лет.

Если рассматривать распределение вагонных парков по срокам эксплуатации в странах ЕС с развивающейся экономикой (Испания, Греция, Португалия, Болгария, Румыния и страны Балтии, рисунок 2), то картина другая: значительная часть вагонных парков имеет сроки эксплуатации 20–40 лет.

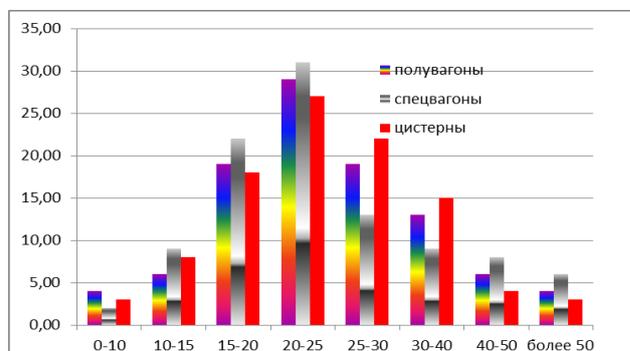


Рисунок 2 – Распределение парка грузовых вагонов по срокам эксплуатации (для стран с развивающейся экономикой)

В странах Западной Европы также используется общий парк вагонов для выполнения международных перевозок. Аналогично, как и в ЕАЭС, основные условия

по техническому регламенту устанавливают страны – основные производители грузовых вагонов – ФРГ, Франция, Италия. В отличие от ЕАЭС в данном случае введены более жесткие условия технического регламента по двум критериям: по срокам эксплуатации и по пробегу. Сами сроки эксплуатации предусматривают три варианта интенсивности эксплуатации вагона, в зависимости от которых вводится коэффициент старения вагона. С учетом этого распределение общего парка вагонов по срокам эксплуатации (рисунок 3) и пробегу (рисунок 4) существенно отличается от национальных вагонных парков ЕС.

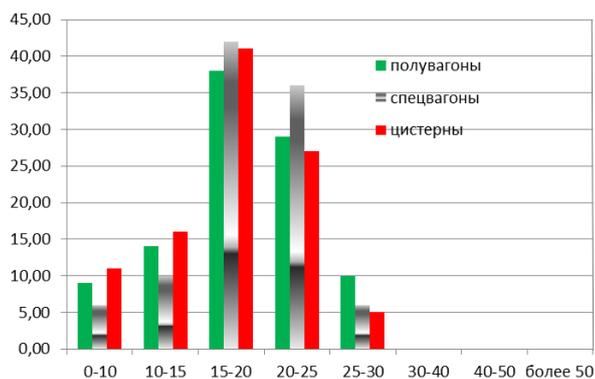


Рисунок 3 – Распределение парка грузовых вагонов ОПВ ЕС по срокам эксплуатации

Из приведенного рисунка видно, что по срокам эксплуатации более 30 лет грузовые вагоны не допускаются на международную железнодорожную сеть. Как результат в парке ОПВ основная часть вагонов принадлежит к AG DB (ФРГ – 68 %).

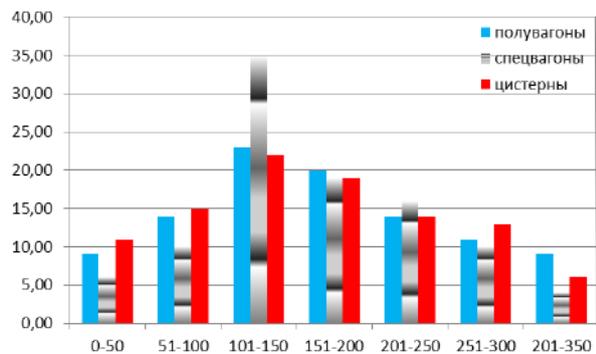


Рисунок 4 – Распределение парка грузовых вагонов ОПВ ЕС по пробегу

Из приведенной диаграммы видно, что основная доля ОПВ ЕС приходится на пробег 101–150 тыс. км. Оценка вагонов по пробегу связана в первую очередь с более жесткими требованиями технического регламента к ходовым элементам вагонов и тормозному оборудованию.

С учетом пробега на железных дорогах ЕС установлен регламент проведения мероприятий технической эксплуатации грузовых вагонов с выделением квот для вагонной отрасли (по количеству видов технического обслуживания и ремонтов, по величине и источникам финансирования). Регламент для вагонов, используемых в межгосударственном сообщении, закреплен в 3-летнем плане и 5-летнем прогнозе, согласованных всеми железнодорожными администрациями ЕС. Для парков, используемых для целей внутригосударствен-

ных перевозок, разработаны соответствующие национальные технические регламенты, имеющие менее жесткие требования, рассчитанные на возможности и техническое состояние как парков подвижного состава, так и железнодорожной инфраструктуры (скоростные параметры движения поездов).

Объемы железнодорожных перевозок грузов в странах ЕС по видам подвижного состава (массовые грузы) показаны на диаграмме (рисунок 5)

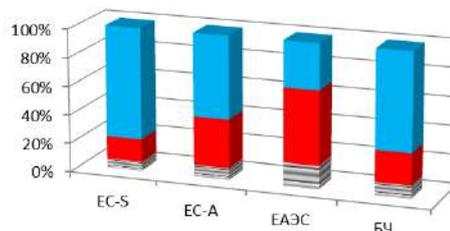


Рисунок 5 – Распределение объемов железнодорожных грузовых перевозок по странам ЕС

Из приведенной диаграммы видно, что практически для всех стран самая большая доля перевозок массовых грузов приходится на международное сообщение. Для стран ЕАЭС характерен значительный объем перевозок в межрегиональном сообщении (на него влияют РЖД и КТЖ, имеющие большие расстояния перевозки в стране). Для БЧ характерно распределение, подобное для стран ЕС-A (не входящих в Шенген). Для стран ЕС-S (Шенген) характерно международное сообщение, что связано с передачей перевозок внутри страны на автомобильный транспорт.

Обобщая международный опыт, можно констатировать, что в странах ЕС-A производятся:

- раздельное использование грузовых вагонов внутри страны и за её пределами по разным техническим регламентам;
- жесткое распределение и контроль за исполнением технических регламентов содержания вагонов грузового парка, используемых при функциональном распределении перевозок;
- четкое планирование системы технического обслуживания грузовых вагонов с закреплением производственных мощностей вагонного хозяйства государств и выделением финансирования: международного, национального, регионального, отраслевого (по отраслям хозяйства в государствах).

На Белорусской железной дороге, которая является членом ЕАЭС и выполняет 69 % перевозок в международном сообщении (в т. ч. перевозка экспортных грузов в вагонах БЧ – 25,2, в местном сообщении – 31,5 %), при полном выполнении технического регламента, установленного в ЕАЭС, необходимо ежегодно приобретать 3100 новых вагонов. На это потребуется в год 298,2 млн дол., что в условиях экономического развития 2015–2016 гг. нереально. При использовании опыта ЕС функционального распределения вагонных парков по видам грузов и специфики перевозок ЕС потребуется приобретение 400 новых вагонов в год, что полностью отражает финансовые возможности Белорусской железной дороги и полное выполнение потребностей в перевозках экспортных, региональных и межрегиональных грузов.

С учетом функционального разделения перевозок опыт европейских государств может быть использован и в Республике Беларусь. Функциональное разделение перевозок грузов имеет следующие показатели: 1) перевозка экспортно-импортных грузов – 54,0 млн т; 2) перевозка во внутриреспубликанском сообщении – 41,0 млн т: свыше 70 % – массовые грузы в полувагонах, цистернах, специальных вагонах (для перевозки строительных материалов и удобрений); 23 % – грузы сельскохозяйственного назначения сезонного характера (вывоз урожая – 6, развоз удобрений – 9, перевозки других грузов – 8 %); 41 % – строительные грузы, включающие цемент, строительные материалы.

Такое разделение для полного обеспечения перевозок потребует следующие парки вагонов:

– перевозки экспортно-импортных грузов (в основном в цистернах, полувагонах и специальных вагонах) – не более 11,2 тыс. вагонов, отвечающих требованиям технического регламента ЕАЭС;

– перевозки грузов во внутриреспубликанском сообщении круглогодично и стабильно – 9,6 тыс. вагонов, отвечающих требованиям технического регламента для Республики Беларусь (с более длительными сроками эксплуатации), из которых: 4,2 тыс. вагонов должны соответствовать условиям эксплуатации – срок не более 32 года, межремонтный пробег – 210 тыс. км (с заменой части технических элементов вагонов); 1300 вагонов – использовать для технологических перевозок в составах не более 30 вагонов и со скоростью не более 60 км/ч (для них технический регламент должен устанавливать срок эксплуатации и пробег). Появились новые технологические сезонные перевозки авиатоплива между северным НПЗ и аэродромами страны (при еженедельном потреблении до цистерн топлива). Данные вагоны должны быть выделены в отдельный парк (такой был в МПС СССР), и для него должны быть выделены новые учетные показатели использования и эксплуатации (ЦО-1). Соответствующая учетная политика должна быть сделана и в бухучете с расширением номенклатуры статей расходов.

Коммерческие потребности Белорусской железной дороги в погрузочных ресурсах по функциональному признаку, естественно, отразятся на работе организаций вагонного хозяйства и системе диспетчерского управления перевозками.

Реформирование организаций вагонного хозяйства должно предусматривать выделение ремонтных вагонных депо, обеспечивающих выполнение национального технического регламента и эксплуатационных вагонных депо, исполняющих условия технического регламента ЕАЭС (учет исполнения эксплуатационных параметров вагонных парков по срокам эксплуатации и пробегу, плановая постановка на техническое обслуживание и ремонт). Самым сложным моментом сегодня является возврат к плановым параметрам и планированию использования технологического ресурса вагонных депо. Вторым важным моментом является отбор вагонов для отдельной эксплуатации по функциональному признаку коммерческой потребности перевозчиков. Сегодня такого механизма и структуры практически на Белорусской железной дороге нет. Нужен, как у всех, научно-производственный кластер, который бы полностью обеспечивал качественный отбор вагонов для отдельной эксплуатации. Такой кластер должен строиться на интеграции научного ресурса БелГУТа и вагонных депо с выделением планового объема работ и эффективно работающего финансирования.

С учетом состояния инвентарного парка грузовых вагонов на Белорусской железной дороге (таблица 1) потребность отдельной эксплуатации грузовых вагонов может быть удовлетворена с минимальными финансовыми потерями для дороги.

Таблица 1 – Состояние инвентарного парка грузовых вагонов

Род вагонов	Количество, ед.	Средний возраст, лет	Срок службы вагона, лет	% износа	Вагоны с истекшим сроком службы	
					количество	%
Крытые	4299	28	32	81,4	2562	56,9
Платформы	2709	34	32	95,4	1851	64,2
Полувагоны	9872	11	22	29,6	3188	35,4
Цистерны	7866	17	32	57,3	2405	30,5
Прочие	14403	28	26	92,5	4921	66,5
ВСЕГО	32149	23,6	28,8	51,2	14927	50,7

В дополнение к данным таблицы 1 можно отметить, что за период 2011–2015 гг. Белорусской ж. д. приобретено 10854 вагона, что понизило средний срок эксплуатации цистерн до 11 и 17 лет, а процент износа – до 29,6 и 57,36 % соответственно. Из приведенной таблицы видно, что как по количественным, так и по качественным параметрам основной востребованный парк полувагонов и цистерн для всех видов сообщений удовлетворяет техническому регламенту по обоим критериям (ЕАЭС и Республики Беларусь по сроку в 20 лет). Это позволяет выполнить отбор из имеющегося парка вагонов потребное количество для каждого функционального признака (20,8 тыс. вагонов вместо 32,2 тыс.).

Соответственно периодичность проведения различных видов ремонта грузовых вагонов должна быть изменена уже в соответствии с двумя регламентами. Для наиболее требуемых под погрузку на Белорусской железной дороге типов вагонов (полувагоны и цистерны) периодичность проведения деповского ремонта полувагонов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Периодичность проведения деповского ремонта полувагонов по регламенту ЕАЭС

Род грузового вагона	Первый после постройки		После деповского ремонта		После капитального ремонта	
	тыс. км	лет	тыс. км	лет	тыс. км	лет
Универсальные модели 12-132-03 на тележках 18-578	450	4	160	3	160	3
Для перевозок: окатышей и агломерата	210	3	110	2	160	2
битума	210	3	110	2	160	2
кокса	210	3	110	2	160	2
сыпучих металлургических грузов	210	3	110	2	160	2

При перевозке грузов внутри страны может использоваться регламент БЧ, по которому периодичность проведения деповского ремонта изменится (таблица 3). Это связано с более низкой интенсивностью использования вагонов во внутриреспубликанском сообщении и меньшей мерой ответственности по условиям безопасности движения поездов (вагоны данной категории будут использованы в основном скорости на линиях 2 и 3-й категории – пониженные скорости, минимальный пропуск через сортировочные горки и т. д.).

Таблица 3 – Периодичность проведения деповского ремонта полувагонов по регламенту БЧ

Род грузового вагона	Первый после входа в регламент БЧ		После деповского ремонта		После капитального ремонта	
	тыс. км	лет	тыс. км	лет	тыс. км	лет
Универсальные глухондонные, с глухим кузовом постройки 2004 г. на тележках моделей 18-578; 18-7020; 18-9771	450	5	220	5	250	5
Для перевозки торфа	210	5	220	5	250	5
» щепы	210	5	220	5	250	5
Думкары	210	5	160	3	160	6
Для перевозки сезонных грузов сельскохозяйственного назначения	210	5	220	5	250	5
Для технологических перевозок внутри страны	210	5	220	5	250	5

Соответственно изменится и периодичность проведения капитального ремонта вагонов с учетом требований каждого регламента (таблицы 4 и 5).

Таблица 4 – Периодичность проведения капитального ремонта полувагонов по регламенту ЕАЭС

В годах

Род грузового вагона	Нормативный срок службы, лет	После постройки, лет	После капитального ремонта, лет
Для перевозки: окатышей и агломерата	15	4	4
битума	22	5	5
кокса	15	4	4
сыпучих металлургических грузов	20	5	5
глинозема с разгрузочными бункерами	22	10	10
Думпкары	22	10	7
Хоппер-дозаторы	25	10	8

Таблица 5 – Периодичность проведения капитального ремонта полувагонов по регламенту БЧ

Род грузового вагона	Первый после входа в регламент БЧ		После деповского ремонта		После капитального ремонта	
	тыс. км	лет	тыс. км	лет	тыс. км	лет
Универсальные глухондонные, с глухим кузовом постройки 2004 г. на тележках моделей 18-578; 18-7020; 18-9771	210	5	160	5	160	5
Для перевозки торфа	210	5	160	5	160	5
» щепы	210	5	160	5	160	5
Думкары	210	5	160	3	160	5
Для перевозки сезонных грузов сельскохозяйственного назначения	210	5	250	5	160	10
Для технологических перевозок внутри страны	210	5	160	5	160	5

Получено 05.06.2015

E. P. Gurskiy, A. A. Mikhalchenka. Change of security loading resources railway carriage on a functional basis in accordance with technical regulations.

The actual issues of improving the system for loading resources rail freight to meet the requirements of technical regulations for the operation of freight wagons fleet standard gauge of 1520 mm, taking into account the financial constraints of the Organization of Railway Transport of the Republic of Belarus. Rounds experiences railways foreign countries with developed economy and strong financial resources on the use of freight wagons fleet in accordance with international technical regulations and the needs of industries in the country's freight transport, including the protection of national interests.

Следует отметить, что вагоны, предназначенные для сезонной перевозки сельскохозяйственных грузов, имеют значительно низкую интенсивность эксплуатации, что позволяет увеличить нормативы деповского и капитального ремонтов по регламенту БЧ.

Выводы:

1 Функциональное использование нескольких регламентов при эксплуатации отдельных парков позволит Белорусской железной дороге: снизить расходы на закупку новых вагонов на 4567,3 млрд р., уменьшить отчисления на амортизацию на 570 млрд р., сократить затраты на эксплуатацию грузовых вагонов на 220 млрд р. что является существенным при объеме выручки от перевозок грузов в размере 17,7 трлн р.

2 Работа организаций вагонного хозяйства Белорусской железной дороги станет предсказуемой и плановой, что сделает её стабильной.

3 Создание научно-производственного кластера по эксплуатации вагонного парка позволит оптимизировать вагонный парк, и создать систему управления проектами, как это принято в развитых странах.

4 Полностью потребуются изменить подход к диспетчерскому управлению железнодорожными перевозками и систему планирования перевозок: традиционная система планирования остается для перевозок грузов в международном сообщении, нужна новая система планирования погрузки для внутриреспубликанского сообщения и технологических перевозок.

Список литературы

1 **Сенько, В. И.** Планирование инновационного развития производственной мощности вагоноремонтной базы / В. И. Сенько, Е. П. Гурский // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2010. – № 1 (20). – С. 22–26.

2 **Сенько, В. И.** Расчет и обоснование потребности в ремонте грузовых вагонов инвентарного парка / В. И. Сенько, Е. П. Гурский // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2010. – № 1 (20). – С. 22–26.

3 **Михальченко, А. А.** Инвестирование в подвижной состав и развитие технических устройств в условиях ограниченных ресурсов железной дороги / А. А. Михальченко // Материалы научно-методической конференции «Проблемы оценки эффективности инвестиций и инноваций на железнодорожном транспорте». – СПб. : ПГУПС, 2001. – С. 23–25.

4 **Михальченко, А. А.** Совершенствование управления погрузочными ресурсами в условия функционирования центра управления перевозками / А. А. Михальченко // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2009. – № 2. – С. 12–15.

УДК 656.222.6

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук; О. А. ТЕРЕЩЕНКО, старший преподаватель; Ю. О. ЛЕИНОВА, инженер, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОГО ПАРКА ВАГОНОВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ

Изложены принципы планирования потребного парка грузовых вагонов с целью обеспечения текущих и перспективных объемов перевозок, в том числе по необходимым классификационным признакам – роду и принадлежности вагонов. Показано влияние на величину потребного парка вагонов структуры грузопотока и использования грузоподъемности вагонов. Рассмотрены способы определения потребных размеров парка вагонов, находящихся в распоряжении железнодорожной администрации, с учетом требования освоения перевозок грузов на перспективу, а также жизненного цикла вагонов в расчетном периоде. Полученные результаты могут быть использованы при долгосрочном планировании потребного парка вагонов для освоения перевозок грузов на полигоне железнодорожной администрации.

Важнейшим условием обеспечения плана перевозок на железнодорожной администрации (железнодорожной дороге) является наличие достаточного количества грузовых вагонов, находящихся в распоряжении перевозчиков, осуществляющих услуги грузовых перевозок.

Планирование потребного вагонного парка, как правило, рассматривается в долгосрочной и среднесрочной перспективе, а также для обеспечения годовых и месячных планов перевозок.

Потребный парк грузовых вагонов зависит от объема перевозок железнодорожным транспортом грузов (рисунок 1) и совокупности факторов: организационных, технических, технологических, экономических и иных, которые существенно влияют на изменение величины парка вагонов.

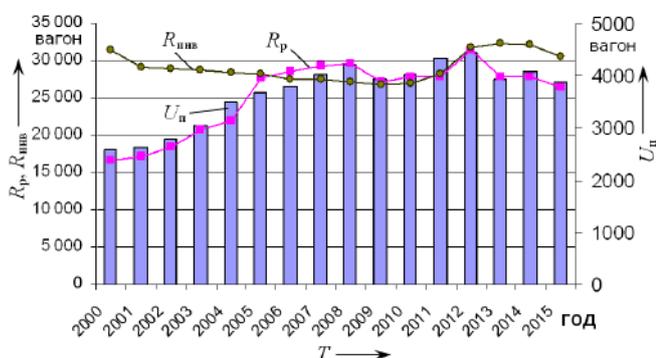


Рисунок 1 – Среднесуточная погрузка, рабочий и инвентарный парк грузовых вагонов Белорусской железной дороги

Расчет потребного парка вагонов должен производиться с учетом его структуры и принципов декомпозиции структуры по наиболее значимым признакам [1].

Форма собственности вагонов является наиболее существенным признаком с позиции управления вагонным парком [2]. Общий парк вагонов, находящийся в эксплуатации, в зависимости от формы собственности можно представить, как парки вагонов организаций железнодорожного транспорта, владеющих им:

$$R_3 = R_{н.п} + R_n + R_{о.п.с} + R_{пред} + R_{пр}, \quad (1)$$

где $R_{н.п}$ – собственный парк вагонов национального перевозчика; R_n – собственный парк вагонов иных перевозчиков, имеющих доступ к оказанию услуг на инфра-

структуре железнодорожной администрации; $R_{о.п.с}$ – собственный парк вагонов операторов подвижного состава; $R_{пред}$ – собственный парк вагонов предприятий и организаций, владеющих подвижным составом для обеспечения собственных нужд перевозок; $R_{пр}$ – собственный парк вагонов иных предприятий железнодорожного транспорта, владеющих подвижным составом для оказания услуг в перевозках.

Железнодорожная администрация как национальный перевозчик в своем распоряжении имеет парк вагонов

$$R_{н.п}^{ж.а} = R_{н.п}^{инв} + R_{н.п}^{ар} + R_{н.п}^{лиз} + R_{н.п}^{пр}, \quad (2)$$

где $R_{н.п}^{инв}$ – наличный инвентарный парк на учетный период; $R_{н.п}^{ар}$ – парк вагонов, арендуемых железнодорожной администрацией; $R_{н.п}^{лиз}$ – парк вагонов, привлеченных по лизингу; $R_{н.п}^{пр}$ – прочий парк привлеченных вагонов.

Остальные участники операторского рынка вагонов также могут использовать для перевозок как собственный подвижной состав, так и привлеченный в различных формах и условиях распоряжения.

Каждый из участников операторского рынка вагонного парка формирует его структуру в зависимости от целевой модели участия в перевозках грузов. Вагонный парк может использоваться во всех сегментах товарно-транспортного рынка, а может быть специализирован под отдельные сегменты:

$$R^{собст} = R_{кр}^{собст} + R_{пл}^{собст} + \dots + R_{пр}^{собст} = \sum_{i=1}^k R_i^{собст}, \quad (3)$$

где $R_{кр}^{собст}$, $R_{пл}^{собст}$, ..., $R_{пр}^{собст}$ – парк вагонов по роду: крытые, платформы и т.д., прочие; k – количество типов вагонов, используемых участником операторского рынка.

Национальный перевозчик, как основной регулятор потребности вагонного парка, определяет обеспеченность планируемых грузоперевозок с учетом наличия всего парка вагонов на операторском рынке.

Для национального перевозчика важно определить величину его инвентарного парка вагонов, который должен эксплуатироваться с наибольшей эффективностью на протяжении срока эксплуатации (срока службы) вагона. Доходы, которые получает перевозчик за счет использования вагонов, напрямую связаны с увеличением абсо-

лютного пробега вагонов в груженом состоянии и снижении пробега в порожнем состоянии. При этом доходы от использования вагонов следует различать в периоде возврата инвестиций, связанных с приобретением вагонов, и в периоде эксплуатации вагонов до срока списания.

Доля инвентарного парка вагонов национального перевозчика в наибольшей степени связана с устойчивой частью грузопотока, под которую планируется его использование. Эта часть грузопотока должна быть установлена как по величине, так и в динамике изменения на перспективу. Исходной оценкой динамики изменения устойчивой части грузопотока является изменение величины основной и дополнительной заявок грузоотправителей на перевозку. При этом следует учитывать, что многие грузоотправители представляют заниженную величину основной заявки в условиях неопределенности сбыта продукции.

Любой участник операторского рынка планирует свою потребность в парке вагонов на основе наличия долгосрочных договоров и принятой бизнес-модели, а также с учетом возможных рисков. К рискам в планировании потребности парка вагонов можно отнести:

- неустойчивый характер конъюнктуры товарного рынка клиента;
- изменение тарифной политики государственного регулятора;
- превышение парка вагонов в данном сегменте к объему перевозок (профицит вагонов);
- изменение цен на подвижной состав заводоизготовителей;

– демпинг цен на услуги по предоставлению подвижного состава под перевозки и др.

Мониторинг рынка подвижного состава оператором должен позволять ему сформировать адекватные модели его состояния и представить информационно-аналитические модели изменения контролируемых параметров рынка – парка вагонов, его использования, экономической отдачи.

Базисом модели операторского рынка является парк вагонов j -го рода на t -й год (период), который определяется по формуле:

$$R_{\text{потр } jt}^o = R_{jt}^p + R_{\text{рез } jt} \quad (4)$$

где R_{jt}^p – потребный рабочий парк грузовых вагонов j -го рода для обеспечения планируемых объемов перевозок на t -й год (период); $R_{\text{рез } jt}$ – резервный парк вагонов.

Величина резервного парка вагонов в основном связана с регулировочным характером по стабилизации потребности товарно-транспортного рынка и обеспечения сверхплановых перевозок, сезонных перевозок, восполнения временного недостатка вагонов в районах массовой погрузки при затруднениях в эксплуатационной работе, а также с изменением технического состояния вагонов в течение t -го года (периода).

Потребность парка вагонов связана с объемом и структурой грузопотока (от легковесных до тяжеловесных грузов), а также уровнем использованием вместимости вагонов (рисунок 2) [3].

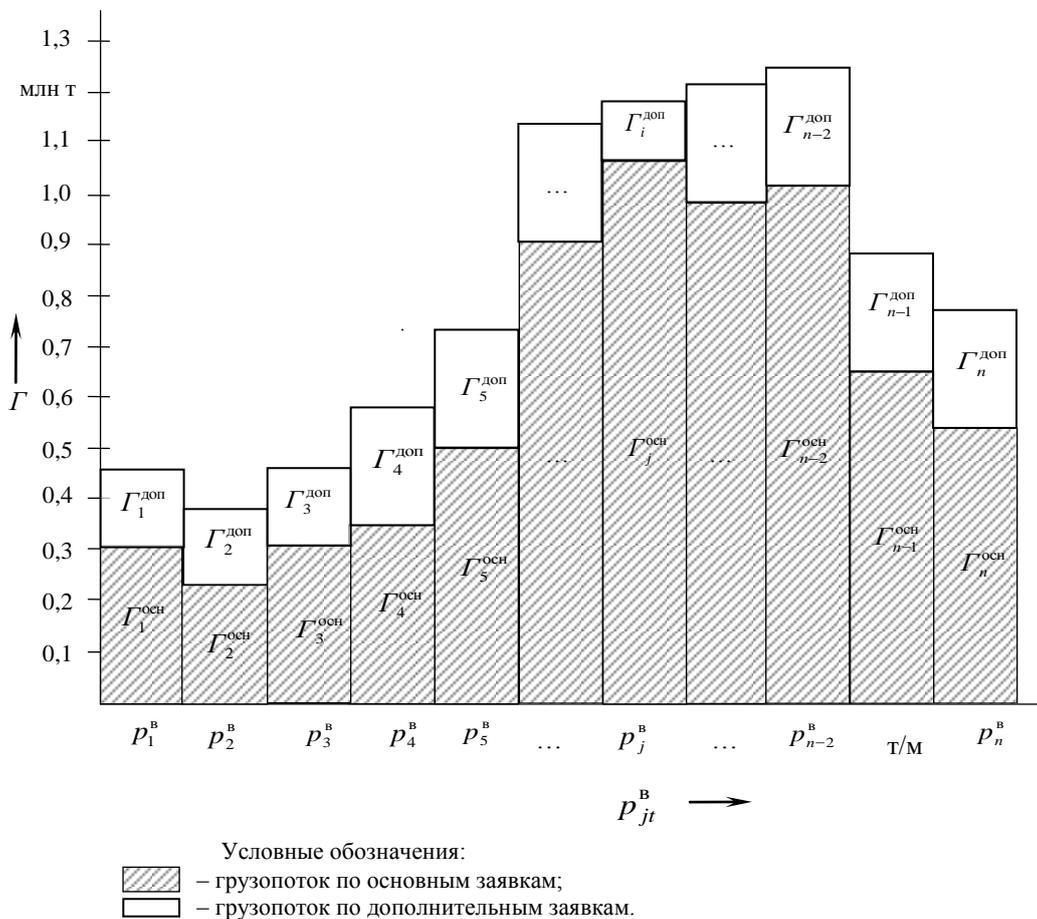


Рисунок 2 – Гистограмма структуры грузопотока для оценки потребного парка вагонов

Вся номенклатурная группа грузов может быть установлена в зависимости от величины погонной нагрузки вагонов $\Gamma_{jit} = f(p_{ji}^B)$. Тогда парк вагонов для анализируемой номенклатурной группы составит:

$$R_{jit}^B = \frac{\Gamma_{jit}}{365 p_{ji}^B} i_{ji}^B, \quad (5)$$

где p_{ji}^B – погонная нагрузка вагона данной номенклатурной группы груза, т/м; i_{ji}^B – среднее время оборота вагона анализируемой номенклатурной группы грузов, суток.

Парк вагонов j -го рода, находящийся в «распоряжении» на $(t+1)$ -й год (период), определяется по формуле:

$$R_{j(t+1)}^{\text{расп}} = R_{jt}^{\text{расп}} - R_{j(t+1)}^{\text{уб}} + R_{j(t+1)}^{\text{пр}}, \quad (6)$$

где $R_{j(t+1)}^{\text{уб}}$ – парк вагонов, выведенных из эксплуатации (списанных) в течение $(t+1)$ -го года (периода), вагонов; $R_{j(t+1)}^{\text{пр}}$ – парк вагонов, приобретенных железнодорожной администрацией в течение $(t+1)$ -го года (периода), вагонов.

Количество вагонов, выведенных из эксплуатации, $R_{j(t+1)}^{\text{уб}}$ зависит от технического состояния парка вагонов (года постройки, нормативного срока эксплуатации, фактического срока службы), а также возможности продления срока эксплуатации (восстановления) вагонов.

Государственный орган регулирования может устанавливать ограничения на использование вагонов с истекшим сроком нормативной эксплуатации, а также стимулировать приобретение новых вагонов, в том числе так называемых «инновационных» (например, с большой осевой нагрузкой).

Размер парка вагонов j -го рода, приобретенных в течение $(t+1)$ -го года (периода), $R_{j(t+1)}^{\text{пр}}$ определяется (планируется) в соответствии с величиной парка «восполнения», т.е. парка, который необходимо приобрести для освоения прогнозных объемов перевозок.

Таким образом, при стабильных условиях эксплуатационной деятельности и конъюнктуры товарно-транспортного рынка должно соблюдаться условие

$$R_{j(t+1)}^{\text{пр}} = R_{j(t+1)}^{\text{восп}}. \quad (7)$$

Величина парка «восполнения»:

$$R_{j(t+1)}^{\text{восп}} = R_{пj(t+1)}^0 - R_{инвj(t+1)}^H, \quad (8)$$

где $R_{инвj(t+1)}^H$ – наличный инвентарный парк j -го рода на $(t+1)$ -й год (период), вагонов.

Процент роста α_p общего парка вагонов всех собственников, оказывающих услуги в данном сегменте

по годам расчетного периода T_p должен соответствовать тенденциям товаро-транспортного рынка, а также росту объемов перевозок, который принимается в Программе социально-экономического развития Республики Беларусь, Государственной программе развития транспортного комплекса, если более точное значение не подтверждено технико-экономическим обоснованием.

Парк вагонов необходимо определять с учетом риска образования профицита вагонов на операторском рынке ($r_{прf}$):

$$R_{прf} = R_{п\text{исх}} \left(1 + \frac{\bar{\sigma}_p(1-r_{прf})}{100} \right)^t. \quad (9)$$

При неравномерном росте (α_p) объемов перевозок и игнорировании риска образования профицита вагонов потребный парк составит

$$R_{прf} = R_{п\text{исх}} \left(1 + \frac{\bar{\sigma}_{p1}}{100} \right) \left(1 + \frac{\bar{\sigma}_{p2}}{100} \right) \dots \left(1 + \frac{\bar{\sigma}_{pt}}{100} \right). \quad (10)$$

Графическая интерпретация процесса планирования общего потребного парка вагонов приведена на рисунке 3. Наличный инвентарный парк вагонов соответствует фактическому наличию вагонов инвентарного парка на последнее число года начала прогнозирования. В последующие годы прогнозирования не учитываются вагоны с истекшим сроком службы (на основании года постройки и нормативного срока службы вагона).

Для своевременного освоения перевозок разницу общего потребного и наличного парка вагонов необходимо свести к нулю. При превышении наличного парка вагонов над общим потребным необходимо увеличить размеры парка вагонов, находящихся в распоряжении железнодорожной администрации (железнодорожной).

Актуализация величины и модели использования парка вагонов, находящихся в распоряжении железнодорожной администрации, может осуществляться по двум направлениям:

1) увеличение инвентарного парка вагонов национального перевозчика железнодорожной администрации (разработка эффективной стратегии закупок единиц подвижного состава, использование лизинговых схем эксплуатации вагонного парка, оздоровление комплекса технических устройств вагонного хозяйства, создание собственной вагоностроительной базы);

2) использование вагонов, принадлежащих операторским компаниям, зарубежным железнодорожным администрациям, грузоотправителям.

Выбор способа увеличения размеров рабочего парка вагонов, находящихся в распоряжении железнодорожной администрации, должен учитывать стоимостные параметры эксплуатации вагонов различных форм собственности.

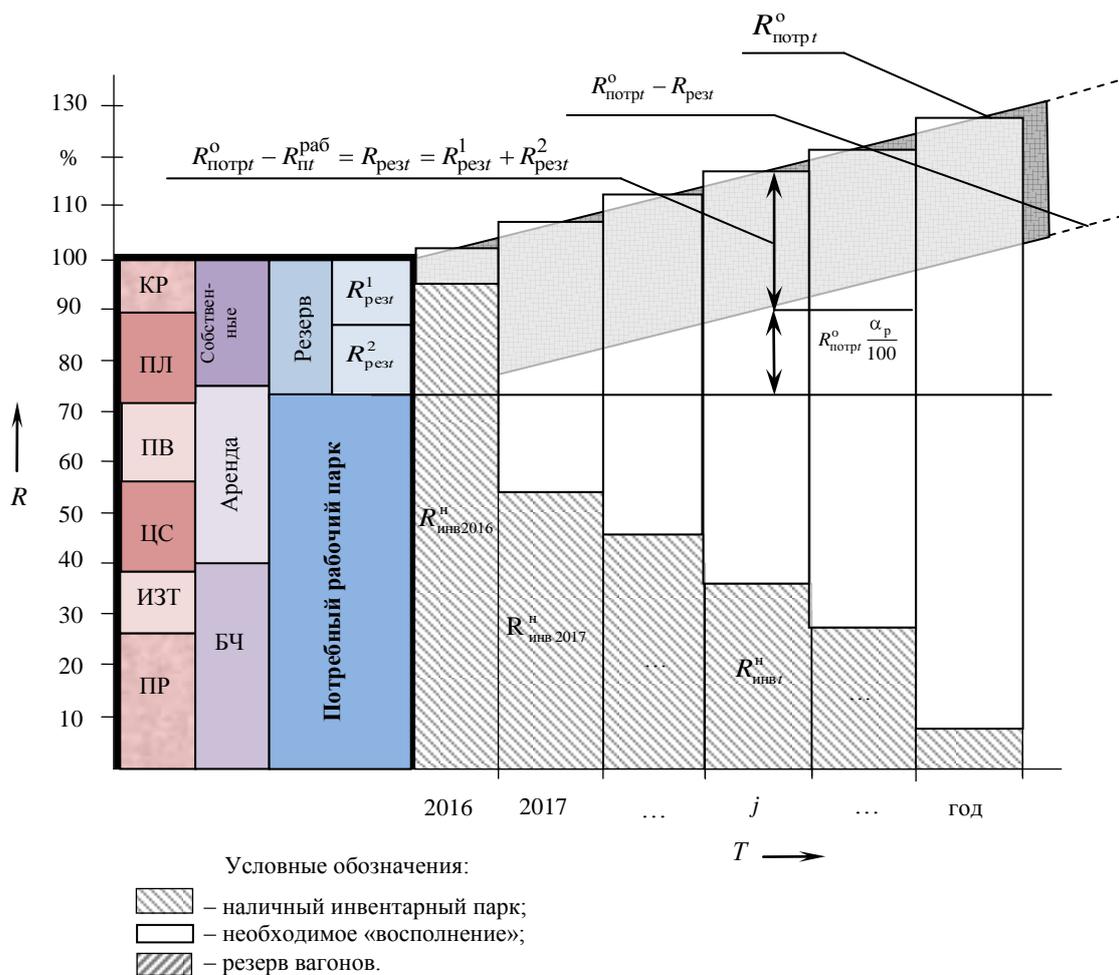


Рисунок 3 – Графическая интерпретация определения общего потребного парка грузовых вагонов железной дороги

Список литературы

1 Инструкция о порядке учета наличия, состояния и использования вагонов грузового парка на Белорусской железной дороге: [утв. приказом Начальника Белорусской железной дороги № 262Н от 15.11.2004.] – Минск, 2004. – 20 с.

2 Управление парками вагонов стран СНГ и Балтии на железных дорогах России : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. И. Ковалев [и др.] – М. : Маршрут, 2006. – 245 с.

3 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

Получено 27.05.2016

V. G. Kuznetsov, O. A. Tereshchenko, J. O. Leinova. Needs assessment for the development wagons transport based on the structural decomposition.

Principles Requirements Planning freight car fleet in order to ensure current and future traffic volumes, including the necessary classification criteria – race cars and accessories. The influence of the magnitude of required car fleet structure and capacity utilization cargo wagons. The methods of determining the size need to park cars at the disposal of the railway administration, taking into account the requirements of the development of cargo transportation in the future, as well as the life cycle of cars in the settlement period. The results can be used for long-term planning of requirements for the development of rolling stock cargo at the site of the railway administration.

УДК 656.212.5

А. А. САФРОНЕНКО, начальник Гомельского производственного отдела, Государственное предприятие «Институт “Белжелдорпроект”»

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Получение максимальных эффектов от автоматизации работы подразделений предприятия возможно при совершенствовании бизнес-процессов работы этих подразделений с использованием автоматизированных систем как нового инструмента работы. Рассмотрен жизненный цикл информации об объектах инфраструктуры железной дороги и определены пути совершенствования системы технического документооборота на всех его этапах.

Основными техническими ресурсами для организации перевозочного процесса является подвижной состав и инфраструктура. Поэтому весь перевозочный процесс условно разделяют на два больших направления деятельности: организацию движения (оперативная работа) и управление инфраструктурой (техническая работа). Деятельность по организации движения заключается в поддержании системы выполнения начально-конечных операций, формирования и движения поездов. Управление инфраструктурой подразумевает планирование и реализацию программ ее развития и текущего содержания, что является непрерывным условием обеспечения безопасности перевозок.

Железнодорожная инфраструктура – совокупность постоянных сооружений, зданий, систем, земельных участков, включая железнодорожную полосу отчуждения, необходимых для функционирования железной дороги [1]. По содержанию инфраструктуру железнодорожного транспорта общего пользования необходимо рассматривать как технологический комплекс, включающий: железнодорожные пути общего пользования; искусственные сооружения; железнодорожные станции; устройства электроснабжения; сети и системы связи; сети и системы сигнализации, централизации и блокировки; информационные комплексы и системы управления движением; иные объекты, обеспечивающие функционирование данного комплекса здания, строения, сооружения, устройства и оборудование.

1 Современная система управления инфраструктурой построена на деятельности отраслевых хозяйств и аппаратов заместителей начальников по строительству и главных инженеров территориальных подразделений железнодорожного транспорта. Вся железнодорожная инфраструктура разделена между специализированными подразделениями – дистанциями:

- пути (ПЧ) – техническое содержание и ремонт путевого развития и искусственных сооружений;
- промышленных и гражданских сооружений (НГЧ)
- техническое содержание и ремонт зданий и сооружений;
- сигнализации и связи (ШЧ) – содержание и ремонт средств автоматики, телемеханики и связи;
- электроснабжения (ЭЧ) – обеспечение электроснабжения объектов железной дороги;
- водоснабжения и водоотведения (ВодЧ) – обеспечение водоснабжения и водоотведения объектов железной дороги.

Управление работой специализированных дистанций осуществляется отраслевыми службами: пути (П),

промышленных и гражданских сооружений (НГС), сигнализации и связи (Ш), электроснабжения (Э), РУП «Дорводоканал» (ДорВод). Координация работы между подразделениями, эксплуатирующими различные составляющие инфраструктуры на определенном полигоне дороги, осуществляется аппаратами заместителей начальников по строительству (НОДЗС) и главных инженеров (НОДГ) отделений. Таким образом, административное управление инфраструктурными подразделениями основано на трехуровневой схеме (рисунок 1), на каждом уровне которого выполняется свой перечень задач:

- управление дороги – стратегическое планирование развития инфраструктуры, обеспечение единства методической, научной и технической политики на полигоне дороги;
- отделение дороги – календарное планирование и управление развитием инфраструктуры, обеспечение единства технической политики на определенном полигоне дороги;
- дистанции – организацию работы по эксплуатации инфраструктуры отраслевого хозяйства на определенном полигоне отделения;
- технологически для управления инфраструктурой дистанции подразделяются на еще более мелкие подразделения – участки.

Основой качественного управления инфраструктурой является информация о наличии устройств на полигоне дороги, их количественных и качественных характеристиках, состоянии. Каждый уровень управления, соотносительно выполняемым функциям, требует свой объем информации, необходимый для принятия грамотных технических, технологических и управленческих решений:

- администрация БЖД [заместитель начальника дороги по строительству (НЗС), главный инженер дороги (НГ)], службы научно-технической политики (НТП), государственного имущества (НГИ) – обобщенную информацию по инфраструктуре дороги в целом. Основная цель – формирование планов проектно-изыскательских работ, строительства, программ развития дороги и реализация единой технической политики дороги;
- отраслевые службы – обобщенную и подробную информацию по инфраструктуре своего хозяйства. Основная цель – контроль за системой содержания инфраструктуры хозяйства, формирование направлений развития и единой технической политики хозяйства;
- администрация отделения БЖД [заместитель начальника по строительству (НОДЗС), главный инженер от-

деления (НОДГ), отдел научно-технической политики (НОДТП), отдел пути (НОДП) и сектор государственного имущества (НОДГИ) – обобщенную информацию по инфраструктуре отделения в целом. Основная цель – формирование планов проектно-изыскательских работ, строительства и контроль за системой содержания инфраструктуры на полигоне отделения;

– дистанции – подробную информацию по инфраструктуре своего хозяйства на полигоне дистанции. Основная цель – учет объектов обслуживаемой инфраструктуры, планирование работы по ее содержанию;

– участки – подробную информацию по инфраструктуре своего хозяйства на полигоне участка. Основная цель – учет объектов инфраструктуры.

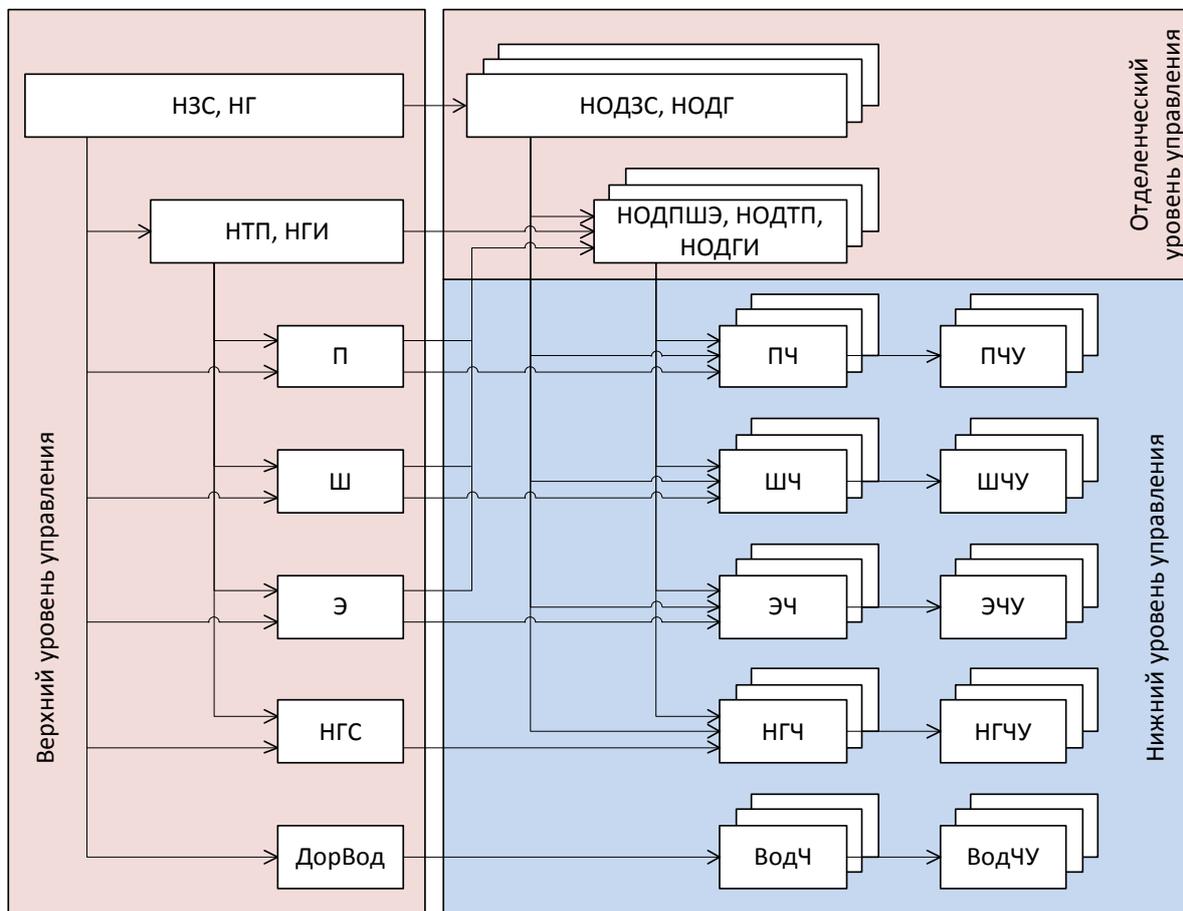


Рисунок 1 – Структура управления подразделениями, эксплуатирующими инфраструктуру

2 Жизненный цикл инфраструктурной информации представляет собой процесс информационного обеспечения всех этапов жизненного цикла объекта инфраструктуры (рисунок 2). Между различными его процессами происходит обмен информацией, объем и структура которой достаточна для выполнения последующего процесса в цикле. Преобразование информации в каждом из процессов происходит исходя из потребностей информационного обеспечения этапов жизненного цикла.

1 По результатам заключения договора на проектно-изыскательские работы (ПИР) формируется договор на ПИР, содержащий кроме юридических сведений детальные технические данные о предстоящем объекте инфраструктуры и объеме реконструкции смежных объектов и сопутствующих сетей.

2 В процессе ПИР с заказчиком могут согласовываться не закрепленные в договоре на ПИР технические решения. По результатам ПИР изготавливается проектно-сметная документация (ПСД), включающая требуемый к выполнению объем строительных и монтажных работ, а также их стоимость.

3 При успешном прохождении экспертизы ПСД выдается заключение экспертизы с указанием стоимости выполнения строительно-монтажных работ, являющееся необходимым документом для начала строительства.

4 По результатам строительства ПСД преобразуется в исполненную проектную документацию, в которой отмечаются отступления от проектной из-за невозможности выполнения работ указанным в проекте способом, в установленном проекте месте либо с использованием закрепленных в проекте материалов и оборудования. По своей форме соответствует проектной документации с нанесенными на чертежи ручными пометками, описывающими произведенные от проекта отступления, необходимые для формирования технической документации.

В процессе эксплуатации исполненная проектная документация преобразуется в техническую документацию (ТД), предназначенную для осуществления информационного обеспечения эксплуатации объектов инфраструктуры. Она является основой для поддержки принятия решений по эксплуатации и развитию железнодорожной инфраструктуры на всех уровнях управления.

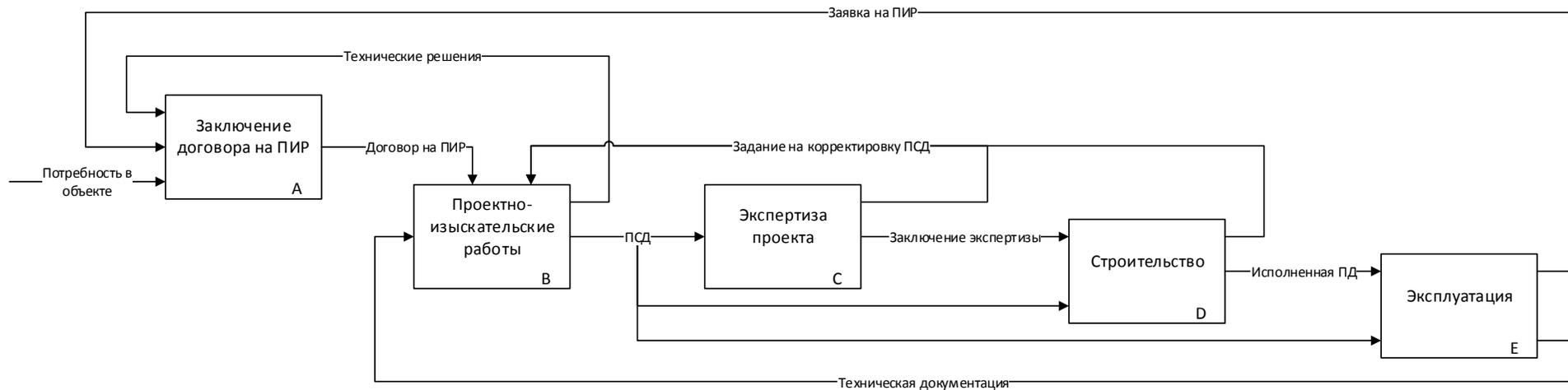


Рисунок 2 – Жизненный цикл инфраструктурной информации

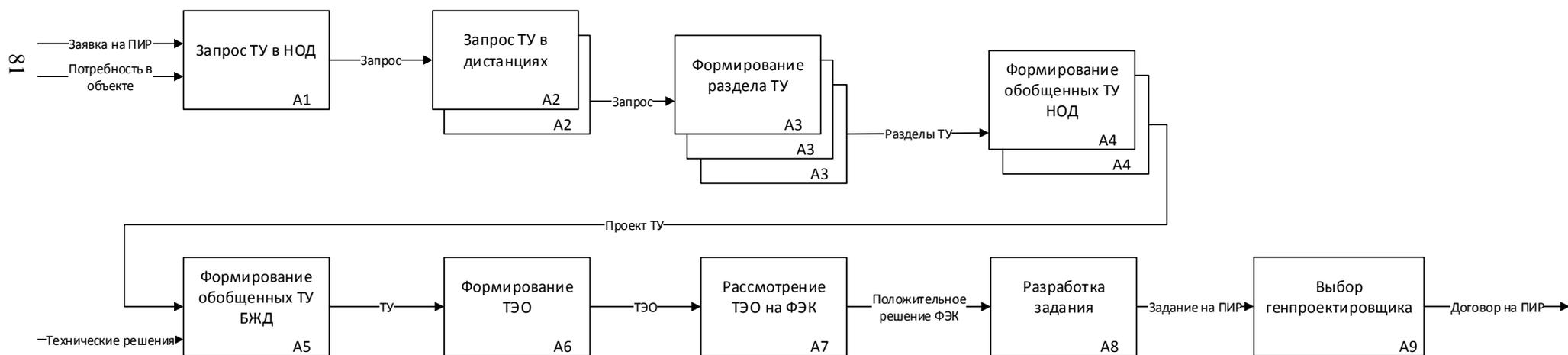


Рисунок 3 – Процесс заключения договора на проектно-изыскательские работы объекта железнодорожной инфраструктуры

Если состав и порядок разработки проектно-сметной документации регламентируется государственными нормативными актами, то техническая документация входит в отраслевые документы, составляемые исходя из нужд конкретного инфраструктурного подразделения железной дороги.

Стоит отметить низкий уровень автоматизации сбора информации по следующим позициям: ни в одной службе не развернута автоматизированная система сбора и хранения инфраструктурной информации; технологии подготовки и хранения установленных форм отчетности сильно фрагментированы даже между дистанциями одного хозяйства; нет единой отраслевой графической платформы подготовки и представления пространственной и схематической информации; первичная информация формируется на различных платформах, ее агрегация производится в ручном режиме.

3 Заключение договора на проектно-исследовательские работы.

Вся первичная информация об объектах инфраструктуры находится в непосредственно осуществляющих эксплуатацию подразделениях, которыми являются участки. Информация с участков аккумулируется, обобщается в дистанциях и сводится к некоторым отчетным формам в службах. Данная пошаговая система сбора информации по уровням управления инфраструктурой имеет значительную инертность: участок-дистанция – 2 недели, дистанция-служба – 5 лет, дистанция-руководство отделения – по запросу, служба – руководство управления – по запросу [6–8]. Большое число звеньев сбора информации ведет к снижению ее достоверности, особенно на верхних уровнях управления.

Поэтому при формировании технических условий на проектирование новых или реконструкцию эксплуатируемых объектов инфраструктуры требуется обеспечить многоэтапный процесс сбора исходной информации для принятия решения по проектированию (рисунок 3).

Фрагментация платформ ведения технической документации затрудняет унификацию системы сбора информации и передачи ее на верхние уровни управления. Следствием этого является снижение производительности труда сотрудников технических отделов дистанций и служб из-за необходимости актуализации информации для принятия решений.

4 Выполнение проектно-исследовательских работ.

В процессе выполнения ПИР (рисунок 4) на всех стадиях процесса используется техническая документация дистанций в качестве исходных данных для принятия решений. При этом средства автоматизации ведения технической документации и выполнения проектной документации, как правило, различаются. В большинстве случаев информация отражается на бумажных носителях. Для автоматизации проектных и исследовательских работ информация на бумажных носителях требует оцифровки, на электронных – конвертации форматов. Таким образом, при производстве ПИР требуются значительные затраты труда на подготовку исходных данных на проектирование. При этом материалы изысканий во многом устанавливают взаимное расположение и существенные характеристики объектов инфраструктуры, содержащиеся в применяемой в качестве исходной ТД.

Ввиду того, что при подготовке технических условий на проектирование агрегация информации произ-

водится в отсутствие технической документации, содержание ТУ не в полной мере соответствует требуемым или возможным техническим решениям. Это приводит к необходимости согласования отступлений от ТУ, являющихся составной частью договора на проектирование. В свою очередь, при наличии ошибок в ПСД в процессе экспертизы и строительства возникает необходимость выполнения корректировки разделов ПСД для приведения их содержания требованиям ТНПА и условиям строительства.

5 Этап строительства. В ходе строительства объекта инфраструктуры (рисунок 5) производится надзор со стороны всех участников инвестиционного проекта: авторский – от проектных организаций, технический – от заказчика, в ходе которого принимают участие и представители эксплуатационных подразделений. Главной целью надзора является соблюдение подрядной организацией технологии производства работ и проектной документации. При необходимости отклонения от них производится соответствующая корректировка проектных решений и технических условий на проектирование.

Как было отмечено ранее, по окончании производства работ подрядчик должен передать исполненную проектную документацию специалистам инфраструктурных подразделений для формирования ТД.

6 Этап эксплуатации. Для информационного обеспечения эксплуатации устройств (рисунок 6) на основании исполненной ПД формируется ТД. Таким образом замыкается цикл: для формирования ПД требуется ТД, основой которой является исполненная ПД. Содержание инфраструктуры сводится к итерационному процессу смены одних устройств другими в рамках модернизации или технического перевооружения.

В процессе эксплуатации также возможно изменение ТД путем выработки указаний по изменению объектов инфраструктуры, не требующих разработки ПСД, и выполняемых через ремонты основных фондов. Необходимость о проведении ремонтных работ на объектах определяется исходя из мониторинга параметров объектов во время эксплуатации. При наличии отклонений от нормальной работы устройств или при выработке установленного срока эксплуатации производится замена объекта или его элементов. В случае, когда простыми техническими мероприятиями не удается удерживать параметры обслуживаемых устройств в требуемых диапазонах, формируется заявка на выполнение проектных работ по перевооружению инфраструктуры на обслуживаемом участке.

При проведении ремонтных работ соответствующие изменения в ТД производятся силами технических отделов дистанций. После исполнения указания на основе измененной ТД формируется ТД участка. Для обеспечения достоверности информации между всеми уровнями иерархии управления существует процедура сверки. Если между участком и дистанцией сверки производятся по мере внесения изменений в существующие устройства, то на верхнем уровне управления сверки производятся с периодичностью от 1 до 5 лет, что делает информацию на верхнем уровне непригодной для поддержки принятия решений. Это приводит к тому, что централизованное управление инфраструктурой железных дорог затруднено.

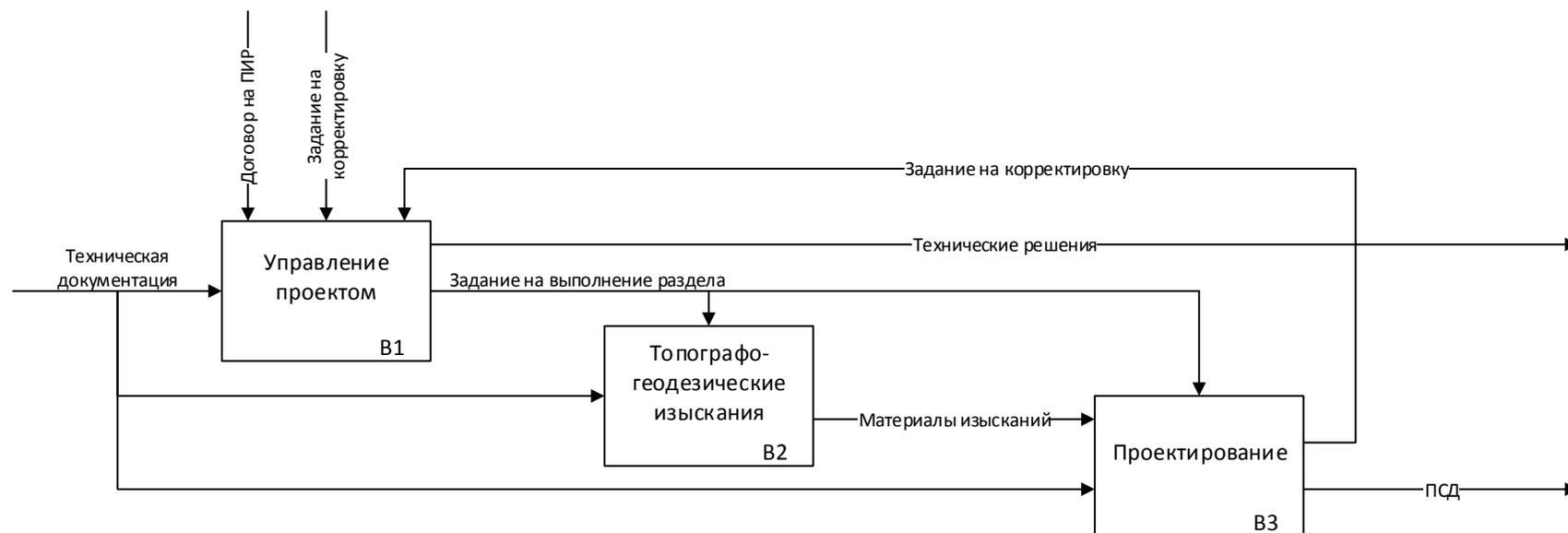


Рисунок 4 – Процесс выполнения проектно-изыскательских работ объекта железнодорожной инфраструктуры

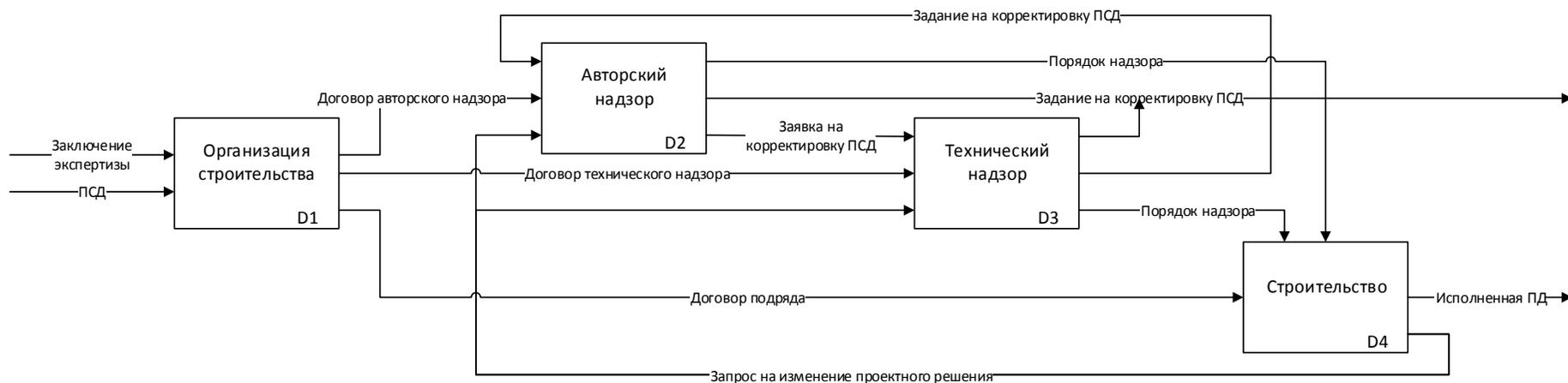


Рисунок 5 – Процесс строительства объекта железнодорожной инфраструктуры

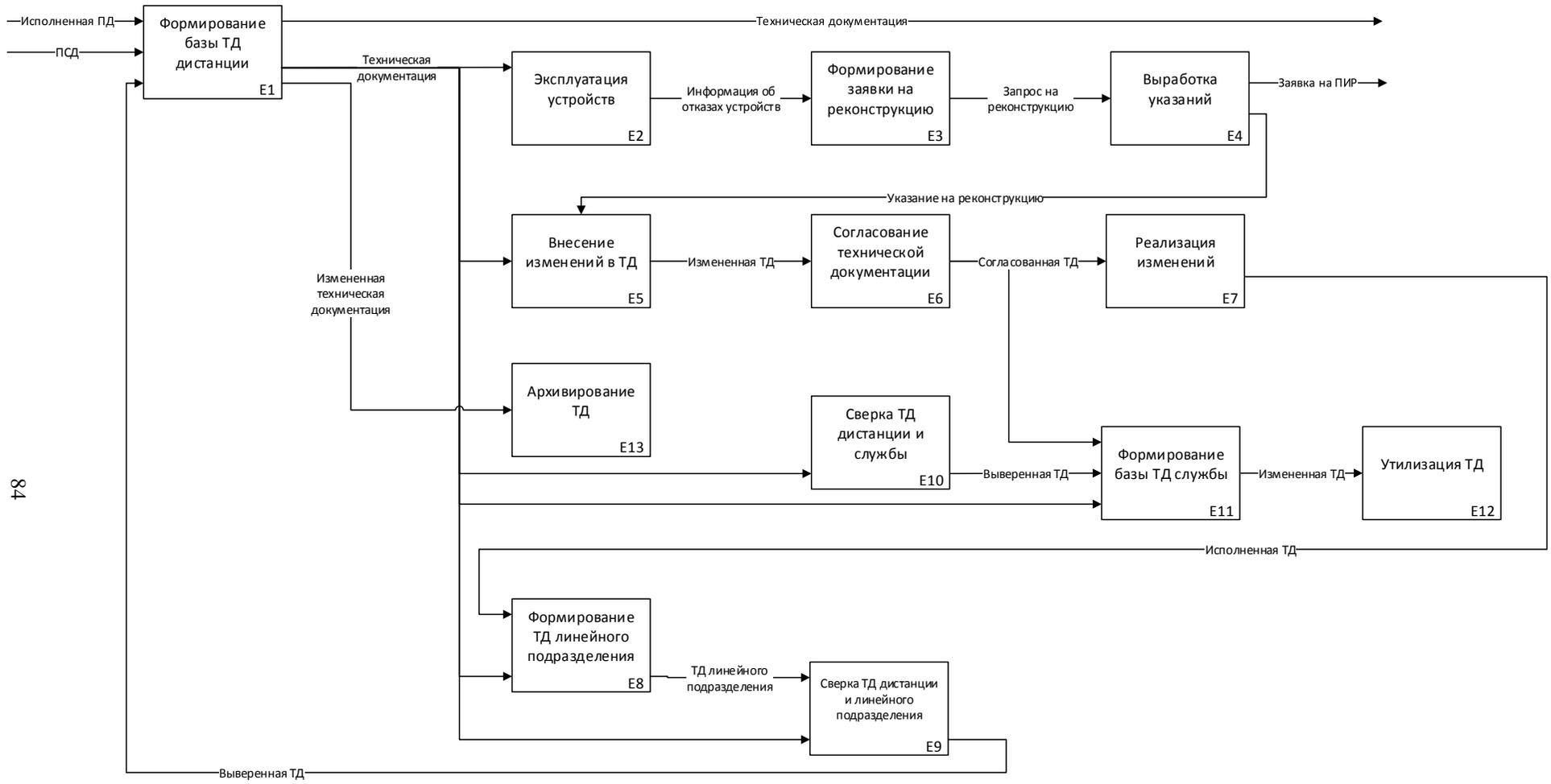


Рисунок 6 – Процесс эксплуатации объекта железнодорожной инфраструктуры

В силу того, что до последнего времени юридическую силу имел только бумажный образец ТД, большинство информации в подразделениях дороги содержится на бумажных носителях, что делает невозможным сократить издержки на поддержание ТД в актуальном состоянии, сокращению трудоемкости предпроектных работ, системы выработки технических условий на проекты и иных инвестиционных решений.

7 Пути совершенствования информационного обеспечения жизненного цикла объектов инфраструктуры. Для устранения рассмотренных выше недостатков требуется унификация технологий подготовки, сбора и хранения инфраструктурной информации, которая бы позволяла автоматизировать формирование обобщенной информации для всех уровней управления. То есть на уровне дистанций следует вести наполнение информационные базы, а на остальных уровнях управления осуществлять лишь ее потребление.

При формировании единого банка данных инфраструктурной информации преобразованию подлежат все этапы жизненного цикла объектов железной дороги, часть процессов исключаются, часть процессов будут подвергнуты реинжинирингу с учетом наличия нового инструмента автоматизации. На рисунке 7 приведено интегрированное представление информационного обеспечения жизненного цикла объекта инфраструктуры при создании единого банка данных с выделением изменений (на рисунке сохранена нумерация подпроцессов существующей системы, описанной ранее).

Заключение. В ходе исследования проанализирована система информационного обеспечения жизненного цикла объектов инфраструктуры железной дороги с целью выявления возможных путей совершенствования этой системы. Отмечено, что существенным для развития системы будет формирование единого банка данных инфраструктурной информации, что позволит сократить издержки на обеспечение перевозочного процесса и реализовать ряд новых технологий в управлении железнодорожным транспортом. В дальнейшем необходимо определить платформу, на которой необходимо реализовывать предлагаемый банк данных, и провести необходимую для формирования банка данных методическую работу.

Получено 12.09.2014

A. A. Safronenko. Information support of railway infrastructure lifecycle.

Maximize the benefits of business units automation is possible by improving the business processes of these units using automated systems as a new tool. The article describes the lifecycle of information about railway infrastructure objects and the ways of improving the system of technical documentation in all its phases.

Список литературы

1 Соглашение о международном грузовом сообщении (СМГС). Приложение 2. Правила перевозок опасных грузов. Т. 1. Организация сотрудничества железных дорог, 2013. – 271 с.

2 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий : ГОСТ 3.1109–82. – Введ. 01.01.1983. – М. : Гос. ком. по стандартам : Изд.-во по стандартам, 1982. – 14 с.

3 Большая энциклопедия транспорта : в 8 т. / Н. С. Конарев [и др.] ; под общ. ред. Н. С. Конарева. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2003. – Т. 4: Железнодорожный транспорт. – 1039 с.

4 Состав проектной документации в строительстве. Правила проектирования : ТКП 45-1.02-214-2010. – Введ. 19.07.2010. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь : Науч.-проект. произв. респ. унитарное предприятие «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), 2010. – 67 с.

5 Инструкция по составлению техническо-распределительных актов железнодорожных станций : [утв. начальником Белорусской ж. д. 22.12.2006]. – Минск : Белорус. ж. д., 2006. – 51 с.

6 Порядок ведения технической документации на устройства сигнализации, централизации и блокировки : СТП 09150.19.181-2011. – Введ. 01.12.2011. – Минск : Белорус. ж. д. : Дорожная лаборатория автоматике, телемеханики и связи Конструкторско-технического центра Белорусской железной дороги, 2012. – 35 с.

7 Порядок производства работ по ведению производственной документации на устройства электросвязи, передачи данных, автоматизированных систем контроля и пассажирской автоматике на Белорусской железной дороге : СТП 19150.19.120-2009: утв. 01.01.2010. – Минск : Белорус. ж. д. : Дорожная лаборатория автоматике, телемеханики и связи Конструкторско-технического центра Белорус. ж. д. 2009. – 41 с.

8 Технический паспорт и рельсо-шпало-балластная карта организации путевого хозяйства : СТП БЧ 56.222-2012. – Введ. 01.08.2012. – Минск : Белорус. ж. д.; Служба пути и Брестский информационно-вычислительный центр по экспортно-импортным перевозкам РУП «Брестское отделение Белорусской железной дороги», 2012. – 104 с.

УДК 656.212.5

Т. А. ВЛАСЮК, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ПРОЦЕССЫ АГЛОМЕРИРОВАНИЯ ГОРОДОВ В СЕРЕДИНЕ XX ВЕКА ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ

Формирование системы «город – железнодорожный транспорт – город-спутник», изучение которой началось в 30-е годы XX века, позволило выделить железнодорожный транспорт как один из значимых факторов, регулирующих рост городов и развитие агломераций. Поэтому изучение организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте между городами-центрами и их спутниками в 50–60-е годы XX века с учетом исторической ретроспективы может стать основой для дальнейшего развития городского пространства и форм расселения населения прилегающих территорий.

В середине XX века пассажирский железнодорожный транспорт, как и полвека назад, продолжал оставаться одним из значимых стимулирующих факторов формирования и развития городских агломераций, в которых обеспечивал культурно-бытовые и трудовые связи населения городов-спутников с городом-центром, обеспечивая стабилизацию численности жителей последнего. В 50-е годы XX века исследователи изучают вопросы расселения по отношению к местам приложения труда, а также передвижения населения с различными целями и оценке его транспортной подвижности.

Закономерности образования межпоселенных трудовых связей, оценка их влияния на планировочную структуру поселений и определение перспективных пассажиропотоков для проектирования сетей транспорта в 60-е годы XX века рассматривались в работах профессоров Барковой Е. А., Гольца Г. А., Кудрявцева О. К., Правдина Н. В., Самойлова Д. С., Шацкого Ю. А., Шештокаса В. В., Яковлева Л. А., Заблоцкого Г. А. и др. [1–6].

В 50-е годы, для улучшения обслуживания как городского, так и пригородного сообщения профессором Бещевой Н. И. предложено использовать железнодорожные диаметры, проектирование и сооружение которых должно увязываться с планировкой городов и сложившейся в них транспортной сетью [2]. Ею установлено, что развитие и планировка транспортных сетей города складываются под влиянием как размеров и конфигурации городов и их уличной структуры, так и уровня развития средств внутригородского и пригородного транспорта. С транспортной точки зрения наибольший интерес представляют такие схемы планировки городов, как радиально-кольцевая, прямоугольная, прямоугольно-диагональная и города-линии [2]. Профессор Бещева Н. И. отмечала, что анализ транспортных показателей городов с различными схемами планировки позволил выделить прямоугольную схему планировки города с экономической точки зрения и как имеющую меньшее число возможных пересечений центра города, а относительно пробега транспорта – радиально-кольцевую. В работе [2] указано, что особое значение приобретает планировка пригородной территории, связанной с городом при развитии его транспортных сетей, отличающейся сложным сочетанием городов-спутников, дачных поселков, мест отдыха и т. п., находящихся в тесной взаимосвязи с деятельностью города-центра.

В исследованиях профессора Бещевой показано, что чем больше пригородная зона, тем большее значение приобретают транспортные связи города с пригородными районами, осуществляемые на основе широкого применения сквозных железнодорожных диаметров.

В этот период заслуживают внимания основные технические сведения о назначении и размерах железнодорожных устройств, располагаемых в городах, а также некоторые технические нормы их проектирования, предложенные в 1952 году профессором Ходатаевым В. П. Он подчеркивал необходимость учета требований рационального устройства и размещения в городах железных дорог и соответствующей инфраструктуры железнодорожного транспорта, их взаимосвязи и взаимодействия с городскими сооружениями, промышленными предприятиями и различными видами внутригородского транспорта [12].

Ходатаев В. П. предложил классификацию железнодорожных сооружений и устройств в зависимости от их расположения в городе:

- в пределах городской территории и близко к его центру;
- на некотором расстоянии, если этому благоприятствуют местные условия и если такое расположение увязывается с общей схемой железнодорожного узла в целом.

В этот период значительное распространение получила степенная функция со временем в качестве аргумента, представленная Поляковым А. А., Черепановым В. А., Якшиным А. М., которая является двумерным нормальным законом для круга с переменным радиусом и делает возможным анализ расселения вокруг города-центра, являющегося фокусом тяготения на конкретной территории (таблица 1).

Обследования пригородных пассажиропотоков, проведенные в 1970-х годах в различных городах бывшего СССР, подтвердили наличие определенной зависимости между затратой времени на трудовые передвижения и долей расселяющихся, что обусловило актуальность вопроса о рациональном обслуживании как городов, так и их ближайших пригородов в создании единой транспортной системы, сочетающей различные виды транспорта с учетом технико-экономических показателей [6, 9].

Таблица 1 – Исследование закономерностей расселения населения относительно центра тяготения в 60-е годы XX в.

Автор(ы) исследования	Краткая характеристика функции	
	Аналитическая	Графическая
Поляков А. А., Черепанов В. А., Якшин А. М.	$f(t) = 2h^2 te^{-h^2 t^2},$ <p>где t – время передвижения между корреспондирующими районами, мин; h – параметр распределения, выражающийся через математическое ожидание M;</p> $h = \frac{\sqrt{\pi}}{2M}.$ $f(t) = 2 \frac{\pi}{4 \cdot 0,4^2} te^{-\frac{\pi}{4 \cdot 0,4^2} t^2};$ $f(t) = 2 \frac{\pi}{4 \cdot 1^2} te^{-\frac{\pi}{4 \cdot 1^2} t^2}; \quad f(t) = 2 \frac{\pi}{4 \cdot 3^2} te^{-\frac{\pi}{4 \cdot 3^2} t^2}$	<p>Показательная функция второй отрицательной степени аргумента</p>
Хауке М. О.	<p>Усовершенствованная функция Шелейховского В. Г.</p> $f(t) = 4t / T^2 \ln T / t,$ <p>где t – затрата времени для данной группы передвижений; T – предел расселения во времени относительно центра тяготения.</p> $f(t) = 4 \frac{t}{4 \cdot 0,6^2} \ln \frac{0,6}{t}; \quad f(t) = 4 \frac{t}{1^2} \ln \frac{1}{t};$ $f(t) = 4 \frac{t}{3^2} \ln \frac{3}{t}$	<p>Сложная логарифмическая функция</p>
Кудрявцев О. К.	$f(t) = \frac{1}{t\beta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\beta^2}(\ln t - \alpha)^2}$ $f(t) = \frac{1}{t \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2 \cdot 0,7^2} ((\ln t) - 0,5)^2}$ $f(t) = \frac{1}{t \cdot 0,5\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2 \cdot 0,5^2} ((\ln t) - 1)^2}$ $f(t) = \frac{1}{t \cdot 2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2 \cdot 2^2} ((\ln t) - 0,3)^2}$	<p>Вероятностная кривая, логарифмически нормальный закон</p>
Самойлов Д. С.	$f(t) = \frac{4t^2}{\alpha^3 \sqrt{\pi}} e^{-\frac{t^2}{\alpha^2}},$ <p>где α – эмперический параметр</p> $f(t) = \frac{4t^2}{0,3^3 \cdot \sqrt{\pi}} e^{-\frac{t^2}{0,3^2}}; \quad f(t) = \frac{4t^2}{1^3 \cdot \sqrt{\pi}} e^{-\frac{t^2}{1^2}};$ $f(t) = \frac{4t^2}{3^3 \cdot \sqrt{\pi}} e^{-\frac{t^2}{3^2}}$	<p>Вероятностная кривая, распределение Максвелла</p>

Особенностью исследований вышеприведенной направленности является анализ взаимодействия городского и пригородного железнодорожного транспорта ряда авторов, среди них профессора Скалов К. Ю. и Михеев А. П., которые рассматривали население как пассажиров, совершающих пригородно-городские поездки в зависимости от времени проживания в пригородной зоне (таблица 2). Они отмечали, что при общем увеличении радиуса расселения вокруг крупных городов в связи с улучшением обслуживания автобусным транспортом наблюдается увеличение расселения вдоль железных дорог [10].

Таблица 2 – Классификация населения в зависимости от времени проживания в пригородной зоне

Население, проживающее в пригородной зоне	Краткая характеристика
Постоянное	Проживание в пригородной зоне и работа на предприятиях города или в сельской местности
Временное	Проживание в городе и работа на предприятиях, расположенных в пригородной зоне

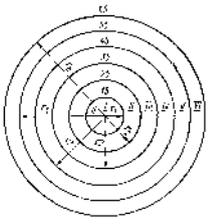
В работе [10] установлено, что при общем увеличении радиуса расселения вокруг крупных городов, вызванного улучшением обслуживания автобусным транспортом, наблюдается также увеличение расселения вдоль железных дорог. Это обстоятельство позволило выделить три зоны расселения, характеристика которых приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация зон расселения населения по Скалову К. Ю. и Михееву А. П.

Номер зоны	Краткая характеристика связи города и пригородной зоны	Расстояние удаленности от города, км
I	Трудовая и культурно-бытовая	7–40
II	Культурно-бытовая	70–80
III	Эпизодическая	Более 80

Вместе с тем результаты обследований фактического расселения выявили необходимость некоторой корректировки предлагаемых математических выражений этой зависимости. Овечкиным Е. В. и Фишельсоном М. С. разработана гипотеза концентрической модели расселения (таблица 4).

Таблица 4 – Концентрическая модель расселения по Овечкину Е. В. и Фишельсону М. С.

Краткая характеристика концентрической модели расселения	
Графическая	Аналитическая
 <p>r_1-r_5 – радиусы зоны расселения</p>	$r_{i+1} = r_i + k;$ $\omega_{i+1} = \pi (r_{i+1}^2 - r_i^2) = \pi [(r_i + k)^2 - r_i^2] = \pi (r_i^2 + 2 r_i k + k^2 - r_i^2) = \pi (2 r_i k + k^2),$ <p>где ω_{i+1} – площадь $(i+1)$-й временной зоны, км²; r_i – радиус i-й временной зоны, км; k – приращение радиуса зон</p>

Анализ модели, представленной в таблице 1, показал, что некоторое количество населения (выраженное в процентах), проживающего в рассматриваемой зоне, прямо пропорционально ее селитебной (территориальной) емкости и обратно пропорционально квадрату времени сообщения с центром тяготения. Если выразить радиусы зон как показатели времени, то может быть рассмотрена следующая зависимость [5]:

$$f(t) = \frac{t_i^2 - t_{i-1}^2}{\left(\frac{t_i + t_{i-1}}{2}\right)^2} = \frac{4(t_i - t_{i-1})}{t_i + t_{i-1}}, \quad (1)$$

где t_i – максимальная трудность сообщения i -й зоны, мин.

Данная модель позволяет учитывать, что первая зона (ближайшая к центру тяготения) находится по существу в зоне пешеходной доступности и ее площадь в пределах 15-минутной затраты времени, а следовательно, и селитебная емкость определяется скоростью пешехода [5]. Для определения доли расселяющихся в первой зоне Овечкин Е. В. и Фишельсон М. С. вводят снижающий коэффициент

$$\lambda = \left(\frac{\vartheta_n}{\vartheta_T}\right)^2, \quad (2)$$

где ϑ_n – скорость движения пешехода, равная 4 км/ч; ϑ_T – скорость передвижения с помощью транспорта, учитывающая затраты времени на пешеходные подходы, ожидание, пересадку и принимаемая равной 10 км/ч.

Однако для агломераций (городов-центров и их спутников) полученные закономерности подлежат исследованию.

Сравнительный анализ методик по определению подвижности населения в 70-е годы XX в., проживающего как в городах, так и в пригородной зоне, приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительный анализ методик по определению подвижности населения

Автор методики	Краткая характеристика	Недостатки
Давидович В. Г.	Аналитический расчетный способ определения подвижности населения в городах, исходя из передвижений и поездок в сутки с трудовыми и культурно-бытовыми целями по каждой группе трудящихся с учетом режима труда и отдыха в году (количество рабочих дней в неделе, дни отпуска, отдыха и т. д.)	Учет влияния большого числа меняющихся факторов, что затрудняет использование методики
Черепанов В. А.	Анкетное и талонное обследования передвижений населения города для определения годового объема пассажиропотоков как суммы перевозок постоянного городского населения, пригородных, дальних и местных пассажиров	Возникновение погрешностей из-за неполного соответствия результатов талонного и анкетного опросов реальным значениям
Самойлов Д. С.	Функциональное зонирование территории города в пределах пешеходной доступности, исходя из структуры общегородских магистралей с последующим отдельным суммированием уличного и внеуличного транспорта и составлением сводных пассажиропотоков на основе принципа наименьших затрат	Необходимость постоянного определения коэффициентов неравномерности перевозок, зависящего от количества населения и его состава, а также посещаемости культурно-бытовых объектов

Согласно исследованиям профессора Давидовича В. Г. зона трудовых связей пригорода с главным городом меньше, чем культурно-бытовых. Следует отметить, что расчет пассажиропотоков, предложенный Самойловым Д. С., основан на применении теоретических положений профессора Шелейховского Г. В. о расселении населения и использовании транспорта, которые также требуют корректировки с учетом изменившихся условий жизненного пространства человека.

Сегодня нет единой общепринятой методики по определению расчетных коэффициентов времени сообщения. Некоторые ученые, например, профессора Давидович В. Г., Поляков А. А. считали, что для каждого города должны быть свои значения коэффициентов распределения (расселения), а профессор Самойлов Д. С., например, утверждал, что эти коэффициенты должны описываться одинаковой аналитической зависимостью для всех городов, так как закономерности распределения выражаются функцией времени.

В 70–80-е годы XX века взаимодействие пассажирских железнодорожных станций с городом представлено в исследованиях профессора Правдина Н. В., основные направления приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Основные направления взаимодействия внешнего и внутреннего транспорта в городах

Направления	Условия применения
Расширение привокзальных площадей и улиц или их реконструкция	Пропускная способность железнодорожной пассажирской станции значительно превышает пропускные способности элементов вокзального комплекса
Создание специальных автобусных (троллейбусных) линий, по которым городской транспорт в определенные часы суток (часы прибытия на работу и отправления с работы) следует без остановок от вокзала до центра промышленных и селитебных районов города	Полный вывоз всех прибывших поездами пассажиров (без времени ожидания)
	Пропуск в район вокзала дополнительных автобусов (троллейбусов)
	Вывоз и ввоза пассажиров в район привокзальных улиц и др.
Сооружение второй привокзальной площади, расположенной по другую сторону пассажирской станции, с перенесением на нее определенных маршрутов городского транспорта	Отсутствие ограничения пропускной способности перронного парка и посадочных платформ и позволит снять значительную часть нагрузки с основной площади и прилегающих улиц

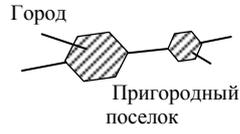
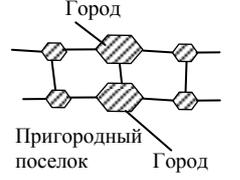
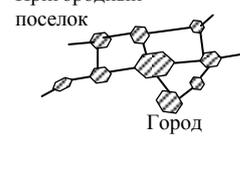
Большое внимание в научных работах профессором Правдиным Н. В. уделено пассажирскому комплексу крупных и крупнейших городов, особенно стратегии развития пассажирской транспортной системы с учетом взаимодействия различных видов транспорта, например, железной дороги и метрополитена, которые рассматриваются как конкурирующие виды транспорта с одной стороны, но выполняющие общую задачу по удовлетворению потребностей населения в перевозках с другой [7].

Представляют научный и практический интерес предложения по перераспределению пассажиропотока с железнодорожного транспорта на метрополитен в местах их стыкования. При этом задача по рационализации пригородных перевозок в условиях взаимодействия этих видов транспорта продолжает оставаться актуальной и сегодня, так как на одном из них (после пересадки пассажиров) возникают проблемы по нерациональному использованию подвижного железнодорожного состава (пробег поездов, не обеспеченных пассажиропотоком) и перенаселенности составов метрополитена. Разработанные под руководством профессора Правдина Н. В. практические рекомендации по

рациональному развитию устройств существующих станций стыкования железной дороги с метрополитеном с учётом изменяющихся условий их взаимодействия активно применяются в настоящее время в СНГ и позволяют определять условия формирования и сферы эффективного применения станций стыкования для различных видов пассажирского транспорта. В качестве таких рекомендаций может быть рассмотрена возможность рационализации числа и места расположения пунктов оборота пригородных поездов, а также размеров движения на участке. Он подчеркивал важность резервирования территории для развития железнодорожных станций и доказал, что нерациональное использование путевого развития пассажирских железнодорожных станций вызывает дополнительные расходы по эксплуатации и содержанию устройств, относимых на пару обслуживаемых поездов и, как следствие, нецелесообразность разделения дальнего, местного и пригородного движения. Это позволило объединить некоторые станций, такие как Баку-Пассажирское и Сабунчи-Пригородное.

В результате анализа характера формирования городов профессором Н. В. Правдиным выделены две основные формы расселения: централизованная (отдельный город) и групповая [7]. При групповом расселении он выделил три типичные формы, которые представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные формы группового расселения по Правдину Н. В.

Форма расселения и ее особенности	Характеристика пассажиропотоков	Схема
Два города или город и пригородный поселок (обслуживание производства населением города с частичным использованием населения городов-спутников)	Трудовые незначительны, культурно-бытовые преобладают	 Город Пригородный поселок
Линейная группа городов (определённая часть населения городов-спутников имеет трудовые связи с городом-центром)	Трудовые и культурно-бытовые значительны	 Город Пригородный поселок Город
Скопление городов и поселков (значительная часть населения городов-спутников имеет трудовые связи с городом-центром)		 Пригородный поселок Город

Профессором Правдиным Н. В. исследовано развитие пассажирских станций, что позволило на основе анализа их схем и условий работы выделить три основных направления реконструкции, обеспечивающих взаимодействие железных дорог с городскими видами транспорта (таблица 8).

Таблица 8 – Основные направления реконструкции пассажирских станций в зависимости от их типа

Тип станции	Основные направления реконструкции	Условия применения
Проходная (сквозная)	Реконструкция станций с изменением ее классификационной схемы	Переустройство горловин, сооружения или реконструкция багажных или пассажирских тоннелей, платформ или при расширении территории станции за счет города
		Резкое одностороннее увеличение пригородного движения
		Общее увеличение движения поездов и недостаточности перронных путей и отдельных элементов станции
		Несоответствие схемы станции заданным объемам работы
Проходная (сквозная)	Полная реконструкция пассажирских устройств с выносом станции на новую площадку	При возникновении больших транзитных потоков (для тупиковых схем)
		Пассажирские устройства имеют недостаточное развитие и располагаются совместно с устройствами для грузового движения
Тупиковая	Перенос станции на новое место	Создание проходной (сквозной) станции
	Создание второй пассажирской станции проходного типа	Обеспечение приема транзитных потоков и части конечных дальних и пригородных поездов
	Сооружение станции под землей с созданием петли	Обеспечение сооружения для очень крупных городов после использования всех резервов увеличения пропускной способности

В 80–90-е годы XX века профессором Шабаровой Э. В. предложена концепция улучшения организации внутригородских перевозок за счет интенсификации использования существующих сооружений железнодорожного транспорта в городе [11]. Автором рассмотрен процесс урбанизации, сопровождающийся ростом территорий городов, агломераций и близлежащих к ним зон, различных по величине и форме, но объединенных между собой конкретными и устойчивыми функциональными связями, реализуемыми при помощи железнодорожного транспорта.

В таблице 9 приведены особенности концепции организации внутригородских перевозок за счет интенсификации использования существующих сооружений железнодорожного транспорта.

Анализ схем расположения железной дороги в городах, представленных в таблице 9, показал, что начертание железнодорожной сети в городах и размещение остановочных пунктов способствует использованию пригородной железной дороги населением городов для внутригородских перевозок [11].

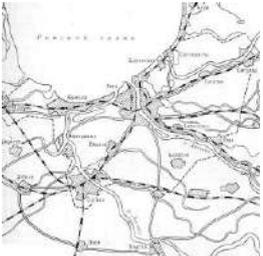
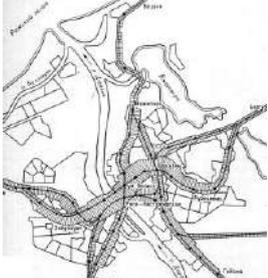
В трудах профессора Шабаровой Э. В. представлены исследования по формированию городов-спутников Киевской, Московской, Рижской, Сибирской и других агломераций с учетом использования пригородной железной дороги населением города.

Развитие Рижской агломерации с учетом железнодорожного сообщения по концепции профессора Шабаровой Э. В. приведено в таблице 10. Так, центр агломерации Рига связан тесными постоянными связями с зонами агломерации, значительную часть которых осваивает пригородный железнодорожный транспорт. Натурные обследования пассажиропотоков, выполненные автором концепции, выявили значительное участие железной дороги в освоении внутригородских перевозок, что в свою очередь, позволяет освободить уличный наземный транспорт, пристанционные и привокзальные площади, снижая интенсивность движения пешеходов и транспорта [11].

Таблица 9 – Концепция организации внутригородских перевозок за счет интенсификации использования существующих сооружений железнодорожного транспорта по Шабаровой Э. В.

Схема расположения железной дороги в городах	Челябинск	Владивосток	Свердловск
Условные обозначения	<p>— — — — — железная дорога</p> <p> — кварталы городской застройки</p>		
Основные положения концепции	Наличие сравнительно развитой железнодорожной сети в черте города, связывающей основные планировочные районы с центром города		
	Обслуживание работников депо и других служб железнодорожного транспорта, дачников, баз массового отдыха населения и т. п.		
	Обеспечение устойчивой связи с близлежащими городами-спутниками		
	Применение коридорной системы расселения		

Таблица 10 – Развитие Рижской агломерации с учетом железнодорожного сообщения по концепции Шабаровой Э. В.

Схема Рижской агломерации	Условные обозначения	Функциональное назначение	Картограмма пассажиропотока
	<p>— — — — — железная дорога</p> <p>○ — город-центр; ○ — город-спутник</p>	<p>Курортно-промышленная</p>	

Таким образом, изучение литературных источников показало, что в научных работах, посвященных изучению высокоурбанизированных районов, исследованию вопросов формирования межпоселенных трудовых связей и учету этих связей при планировании территориального развития систем расселения и разработке балансов трудовых ресурсов населенных мест уделяется значительное внимание. Вместе с тем, как показал анализ, вопросы организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте между городами-центрами и их спутниками изучен недостаточно. Поэтому имеют место недостатки в практике расчетов перспективной численности трудовых ресурсов городов-спутников, особенно небольших агломераций, где городом-центром является областной центр.

Список литературы

1 Баркова, Е. А. Теория и практика обследований расселения в городах СССР : сб. статей / Е. А. Баркова. – М. : Мысль, 1968. – С. 75–129.

2 Бещева, Н. И. Железнодорожные диаметры в больших городах / Н. И. Бещева. – М. : Трансжелдориздат, 1953. – 199 с.

3 Давидович, В. Г. Количественные закономерности расселения относительно мест работы : сб. статей / В. Г. Давидович. – М. : Мысль, 1968, С. 5–74.

4 Гольц, Г. А. Транспорт и расселение / Г. А. Гольц. – М. : Наука, 1981. – 248 с.

5 Овечников, Е. В. Городской транспорт / Е. В. Овечников, М. С. Фишельсон / М. : Высш. шк., 1976. – 352 с.

6 Поляков, А. А. Городское движение и планировка улиц / А. А. Поляков. – М.–Л. : Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре, 1953. – 251 с.

7 Правдин, Н. В. Основы взаимодействия пассажирских станций с городом : труды Белорусского института инженеров железнодорожного транспорта. Вып. 59 / Н. В. Правдин. – М. : Транспорт, 1967. – С. 4–56 с.

8 Фишельсон, М. С. Транспортная планировка городов / М. С. Фишельсон. – М. : Высш. шк., 1985. – 239 с.

9 Черепанов, В. А. Транспорт в планировке городов : учеб. пособие / В. А. Черепанов. – М. : Стройиздат, 1981. – 214 с.

10 Скалов, К. Ю. Взаимодействие городского и пригородного железнодорожного транспорта / К. Ю. Скалов, А. П. Михеев. – М. : Транспорт. – 212 с.

11 Шабарова, Э. В. Железная дорога в городе / Э. В. Шабарова. – М. : Транспорт, 1986. – 223 с.

12 Ходатаев, В. П. Железнодорожный транспорт в планировке городов / В. П. Ходатаев. – М.–Л. : Гос. изд-во лит. по строительству и архитектуре, 1952. – 210 с.

Получено 01.11.2016.

T. A. Vlasuk. Analysis of the Impact of the Railway on the Processes of Agglomeration city in the middle of the twentieth Century.

The formation of a "city – railway – satellite city", the study of which was laid in the 30-s years of the twentieth century, helped to highlight the railway transportation as one of the most important factors governing the growth of cities and the development of agglomerations. Therefore, the study of organization of passenger railway transportation between urban centers and their satellites in 1950–1960-es taking into account the historical retrospective can be the basis for further development of urban space and forms of resettlement of the population of adjacent territories.

УДК 656.073

Т. П. ЛУЧНИКОВА, Государственный экономико-технологический университет транспорта, Киев, Украина

ЗНАЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА УКРАИНЫ

Исследовано значение предприятий железнодорожного транспорта в использовании транзитного потенциала. Доказано, что железнодорожный транспорт является важной составляющей транспортной отрасли экономики Украины, а его эффективное функционирование является необходимым фактором становления страны как транзитного государства, устойчивого развития ее транспортно-дорожного комплекса и экономики в целом. Ведущее значение предприятий этого вида транспорта для Украины обусловлено основными факторами: технико-экономическими преимуществами по сравнению с другими его видами, совпадением направления и мощности основных транспортно-экономических потоков Украины и мира с географическим положением украинских железных дорог.

В настоящее время между странами Европы и Азии происходит борьба за привлечение транзитных грузопотоков, что обусловлено ростом объемов перевозок грузов в международном сообщении. Поэтому выгодное геоэкономическое положение Украины, по территории которой издревле проходили торговые пути с Запада на Восток и с Севера на Юг, обеспечивало интенсивное развитие международных связей и, как следствие, достижение высокого уровня экономического и политического развития страны, что подтверждается историческими документами. Эти международные торговые пути могут быть сегодня рассмотрены как основа для формирования международных транспортных коридоров (МТК) современной Украины, применение которых целесообразно с точки зрения установления международных транспортно-экономических связей и выгодного географического положения, характеризующегося высоким значением индекса расположения в системе топологических расстояний между странами Европы (он равен почти единицы) и уступает значению лишь Германии и России [1].

Следует отметить, что транспортная сеть в Украине характеризуется высокой плотностью железнодорожных и автомобильных путей среди стран СНГ (37,7 и 267 км на 1000 кв. км соответственно). Эксплуатационная сеть железных дорог Украины составляет почти 22 тыс. км, из которых 45 % электрифицировано. По объемам грузовых перевозок железные дороги Украины занимают четвертое место на Евразийском континенте, уступая только железным дорогам Китая, России и Индии. На железных дорогах Украины функционируют 1492 железнодорожных станций, 110 дистанций пути, 44 дистанций энергоснабжения, 55 локомотивных и 48 вагонных депо, 69 дистанции сигнализации и связи [4].

Транспорт оказывает значительное влияние на развитие интеграционных процессов в международной экономике и изменение геополитического положения большинства стран. В связи с этим использование транзитного потенциала Украины является предпосылкой экономического роста и повышения конкурентоспособности не только транспорта, но и экономики страны в целом и становится приоритетным направлением для формирования стратегии развития государства на ближайшую перспективу [2].

Динамика объемов грузовых перевозок в разрезе отдельных видов транспорта на основании информации Государственной службы статистики [8] представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика грузовых перевозок по видам транспорта через территорию Украины
В миллионах тонн

Виды транспорта	Годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Железнодорожный	468,4	457,5	441,8	387	350,0
Автомобильный	178,3	179	183,5	178,4	147,3
Водный	9,9	7,8	6,3	6	6,4
Трубопроводный	155	128,4	125,9	99,7	97,2
Авиационный	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
В с е г о	811,7	772,8	757,6	671,2	601,0

Анализ таблицы 1 показал, что, начиная с 2012 г., происходит спад в экономике Украины, в результате чего транспортная отрасль переживает период нестабильности и демонстрирует отрицательную динамику объемов грузовых перевозок. В 2013 г. объем перевезенных грузов всеми видами транспорта составил 757,6 млн т, или 98,1 % от объема перевозок грузов в 2012 г. Однако темпы роста объемов перевозимого груза железнодорожным транспортом выше среднеотраслевых в течение 2008–2015 гг., а наиболее высокий темп роста в среднем за указанный период был достигнут на автомобильном транспорте.

Железнодорожным транспортом в 2013 г. перевезено 441,8 млн т грузов, что составляет 96,6 % от объема 2012 г. Снижение объемов перевозимых грузов на 11,4 % наблюдается в 2014 г. и сокращение объема железнодорожных грузовых перевозок – 12,4 %. Согласно данным таблицы 1, аналогичная ситуация наблюдается и в 2015 г.

Необходимо отметить, что несмотря на вышесказанное, в национальной структуре перевозок грузов этот вид транспорта представляет наибольшую долю – 57,7 %, что оказывает значительное влияние на динамику перевозок грузов в целом по Украине.

Отражая общеэкономические тенденции, падение объемов грузовых перевозок демонстрируют практически все (кроме автомобильного) виды транспорта.

Например, водным транспортом перевезено грузов в объеме 6,0 млн т, или 84,6 % от объема 2013 г. Доля перевозок этим видом транспорта в общем объеме грузовых перевозок в настоящее время составляет менее 1 %. В то же время водный транспорт является перспективным для развития смешанных мультимодальных контейнерных перевозок, а также учитывая его экологические и экономические параметры. Магистральными трубопроводами транспортировано 99,7 млн. т грузов, что составило 90,6 % от объема транспортировки грузов в 2013 году. Грузовые перевозки авиационным транспортом в Украине почти не осуществляются, их доля в общем объеме ежегодно составляет менее 0,1 %, то есть не превышает 0,1 млн т в год. Что касается предприятий автомобильного транспорта, то в 2013 г. достигнут рост объемов перевозок грузов как по сравнению с 2012 г. (на 2,8 %), так и по сравнению с 2007 г. (на 8,2 %) при объеме перевозок 183,5 млн т грузов. В 2014 г. (с учетом перевозок физическими лицами-предпринимателями) перевезено 178,4 млн т грузов, что на 2,8 % меньше, чем в 2013 г.

Несмотря на то, что динамика грузовых перевозок по видам транспорта дает лишь количественную характеристику их транспортной работы, целесообразно провести сравнительный анализ грузооборота по каждому виду транспорта.

Для выявления основных тенденций в работе рынка грузовых перевозок проанализируем динамику грузооборота в разрезе отдельных видов транспорта за 2011–2015 гг. (таблица 2, рисунки 1–2).

Таблица 2 – Динамика грузооборота по видам транспорта через территорию Украины

Вид транспорта	Годы				
	2011	2012	2013	2014	2015
Железнодорожный	243,6	237,3	224,0	209,6	315,3
Автомобильный	38,4	39,2	40,5	37,8	34,4
Водный	7,4	5,3	4,6	5,5	5,43
Трубопроводный	136,7	112,5	109,7	82,1	80,9
Авиационный	0,37	0,35	0,28	0,24	0,21
Всего	426,4	394,6	379,0	335,2	315,3

Приведенные данные в таблице 2 свидетельствуют о том, что несмотря на снижение грузооборота железнодорожным транспортом на 2,6 % в 2014 г. по сравнению с прошлым, именно этот вид транспорта занимает первое место в общем грузообороте в Украине.

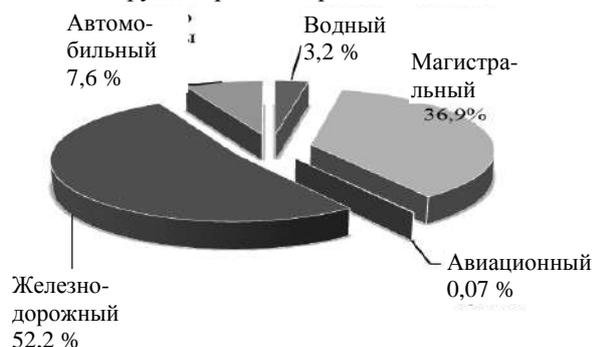


Рисунок 1 – Структура общего грузооборота в 2008 г. по видам транспорта

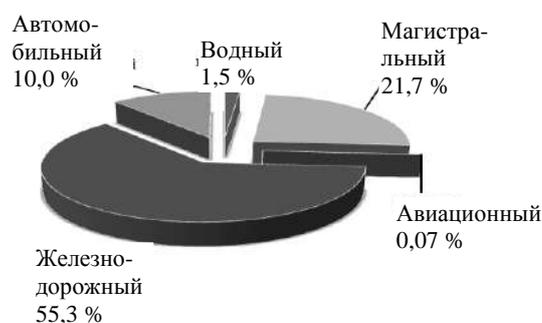


Рисунок 2 – Структура общего грузооборота в 2014 г. по видам транспорта

Стабильный среднегодовой прирост грузооборота за период 2011–2014 гг. наблюдается только у автомобильного транспорта.

Таким образом, постоянным и основным конкурентом железнодорожного транспорта является автомобильный, среди основных преимуществ которого следует выделить возможность доставки груза «от двери до двери», маневренность, а также высокая скорость доставки. И если перевозки массовых грузов, таких как руда, уголь, черные металлы, щебень, остаются за железными дорогами, многие виды дорогостоящих грузов переориентируются на автомобильный транспорт.

Конкурентом железных дорог (особенно при транзитных перевозках) в летний период является водный транспорт, а при перевозках нефтепродуктов – трубопроводный (нефтепроводы).

Приведенные данные свидетельствуют, что речной и авиационный виды транспорта почти не используются в реализации транзитного потенциала страны. Деформирована в сторону преимущества только двух видов транспорта структура транзитных грузоперевозок, по нашему мнению, делает уязвимым транзитный пакет Украины.

Необходимо отметить, что среди международных перевозок транзитные перевозки – наиболее выгодный вид транспортной работы. Так, для железных дорог транзитные перевозки дают четверть всех доходов от грузоперевозок, тогда как в общих объемах перевозок железнодорожным транспортом удельный вес транзита не превышает 10 %, а доходная ставка от перевозки 1 тонны транзитного груза больше в 2 раза по сравнению с перевозкой 1 тонны экспортных и импортных перевозок и в 3,5 раза по сравнению с перевозкой грузов во внутреннем сообщении [4].

При исследовании роли железнодорожного транспорта в реализации транзитного потенциала Украины важное значение приобретает информация о динамике транзитных перевозок по территории страны, структурных особенностей транзита по видам транспорта (рисунок 3).

Таким образом, мы видим, что в структуре транзитных грузопотоков в 2015 г. наибольшая доля приходится на трубопроводный транспорт – 66,0 %, железнодорожный – 27,4 %, морской – 1,3 %, автомобильный – 4,6 %.

В целом можно сделать вывод, что по сравнению с другими видами транспорта (без учета трубопроводного, которым можно транспортировать только газ и нефть) железнодорожным перевозятся наибольшие объемы именно транзитных грузов.

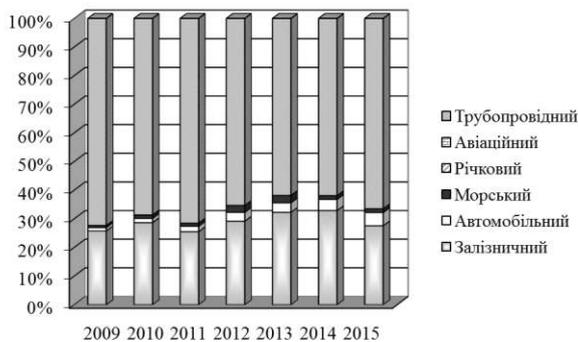


Рисунок 3 – Структура транзитних грузопотоков по видам транспорта (в процентах)

Мировой опыт показывает, что именно транзитный статус таких стран, как Венгрия, Германия, Чехия, Австрия, Нидерланды, Польша, государства Прибалтики существенно повлиял на развитие ее внешне-экономических связей. Именно эти страны, эффективно используя свое геоэкономическое и геополитическое положение, с успехом реализуют свой транзитный потенциал, и получают постоянный приток денежных потоков в развитие транспортной отрасли, а это в свою очередь положительно влияет на решение ряда экономических и социальных проблем.

Проведенный анализ свидетельствует, что предприятия железнодорожного транспорта играют важную роль в реализации транзитного потенциала Украины. Ведущее значение предприятий этого вида транспорта для Украины обусловлено основными факторами: технико-экономическими преимуществами по сравнению с другими видами транспорта, совпадением направления и мощности основных транспортно-экономических потоков Украины и мира с географическим положением украинских железных дорог. Однако для развития транзитных перевозок потен-

циал железнодорожного транспорта пока используется не в полной мере. В частности, пропускная способность железнодорожной инфраструктуры значительно превышает используемую на сегодняшний день.

Список литературы

1 **Дикань, В. Л.** Формирование национальной системы международных транспортных коридоров на основе взаимодействия всех видов транспорта Украины / В. Л. Дикань, Д. И. Бойко // Экономика транспортного комплекса: Збірник наукових праць. – Харків : ХДАДТУ. – 2001. – Вип. 4. – С. 135–141.

2 **Шпонтак, В. В.** Формування інфраструктури МТК – стратегічне завдання України на початку ХХІ ст. / В. В. Шпонтак // Держава та регіони. Серія «Державне управління». – 2002. – № 1. – С. 144–150.

3 **Лучникова, Т. П.** Передумови підвищення ефективності функціонування міжнародних транспортних коридорів / Т. Н. Лучникова // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту: Серія «Економіка і управління». – Вип. 20. – ДЕДУТ, 2012. – С. 15–19.

4 Офіційний веб-сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua/>. – Дата доступу : 10.10.16.

5 Офіційний сайт Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. – Дата доступу : 10.10.16.

6 **Собкевич, О. В.** Механізми ефективного використання та розвитку потенціалу транспортно-дорожнього комплексу України / О. В. Собкевич, К. М. Михайличенко, О. Ю. Емельянова. – К. : НІСД, 2014. – 60 с.

7 Международные перевозки грузов железнодорожным транспортом: теория и практика / Ю. А. Колейников [и др.]. – Одесса : Пласке, 2012. – 404 с.

8 **Широкова, О. М.** Роль залізничного транспорту в забезпеченні економічної безпеки країни / О. М. Широкова, Т. О. Тимофеева // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Сер. «Проблеми економіки та управління». – 2012. – № 725. – С. 227–230.

Получено 10.11.2016

T. P. Luchnikova. Importance of rail transport in the transit potential of Ukraine.

Investigated importance of rail transport to use transit potential. Proved that rail is an important part of the transport sector of Ukraine's economy, and its efficient operation is a necessary factor in the formation of Ukraine as a transit country, sustainable development of the transport system and the economy as a whole. Leading enterprises value this mode of transport to Ukraine caused major factors: technical and economic advantages compared to other modes of transport coincidence direction and power major transport and economic flows Ukraine and world geographic location Ukrainian railways.

УДК 656.22

О. А. ТЕРЕЩЕНКО, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МЕСТНОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ И УЗЛОВ

Представлен метод оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов с использованием динамической модели перевозочного процесса, позволяющей с высокой достоверностью планировать образование местных поездов, показатели местной работы, потребные производственные ресурсы для достижения намеченных показателей и предоставлять необходимые сведения в вышестоящие системы управления, производящие оперативное планирование перевозочного процесса на сетевом уровне. Обоснованы применяемые подходы. Установлены аналитические зависимости. Решение задач исследования осуществлялось на подходах теории систем, методах теории множеств, теорий управления, расписаний, вероятностей. Представлены научные и практикоориентированные выводы.

Современные тенденции научных исследований в области планирования производственных и транспортных процессов в большинстве случаев направлены на повышение точности разрабатываемых планов за счет автоматизации решаемых задач, раскрытия и реализации возможностей доступных информационных технологий.

На Белорусской железной дороге оперативное планирование местной работы железнодорожных участков и узлов осуществляется автоматизированно в рамках сменно-суточного планирования поездной и грузовой работы.

Совершенствование оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов должно быть направлено на разработку и реализацию процедур, обеспечивающих оптимальный уровень детализации перевозочного процесса с учетом возможностей применяемых информационно-аналитических систем. Исходя из сказанного, оперативный план местной работы на рассматриваемом железнодорожном полигоне должен включать планы:

- 1) прибытия на обслуживающую техническую станцию груженых вагонов под выгрузку и порожних под погрузку по установленным классификационным признакам, включая разделение по периодам текущего планирования;
- 2) обслуживания пунктов местной работы, включающий расписание подач и уборок вагонов;
- 3) отправления местных поездов;
- 4) погрузки вагонов по установленным классификационным признакам, включая разделение по периодам текущего планирования;
- 5) выгрузки вагонов по установленным классификационным признакам, включая разделение по периодам текущего планирования;
- 6) регулирования местных и порожних вагонопотоков;
- 7) ресурсообеспечения местной работы.

Обработка вагонопотока при его продвижении осуществляется посредством выполнения технологических операций, которые имеют следующие детерминированные (с определенным допущением) или вероятностные характеристики:

- расположение в технологической цепи по отношению к предыдущей и (или) последующей операции;
- время начала выполнения операции по отношению ко времени завершения предыдущей операции;

- продолжительность выполнения операции.
- Эти характеристики обусловлены:
- установленной технологией обработки вагонопотока;
 - оперативным регулированием перевозочного процесса;
 - интенсивностью и структурой вагонопотока;
 - развитием железнодорожной инфраструктуры;
 - средствами технического обеспечения перевозочного процесса.

Полный перечень выполняемых с вагоном операций перевозочного процесса, необходимый для формирования решения поставленной задачи, описывается множеством:

$$O_B = \bigcup_{i=1}^{n_{\text{пер}}} o_{Bi} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{n_{\text{пер}}^T} o_{Bj}^T, \bigcup_{k=1}^{n_{\text{пер}}^M} o_{Bk}^M \right\}, \quad (1)$$

где o_{Bi} – операция перевозочного процесса; $n_{\text{пер}}$ – общее количество операций перевозочного процесса, выполняемых с вагоном от момента появления его в зоне оперативной информации до завершения с ним операций на расчетном железнодорожном участке или в узле; o_{Bj}^T – операция перевозочного процесса, выполняемая с вагоном на участке приближения (транзитное следование вагона на расчетный железнодорожный участок или в узел); $n_{\text{пер}}^T$ – общее количество операций перевозочного процесса, выполняемых с вагоном на участке приближения; o_{Bk}^M – операция перевозочного процесса, выполняемая с вагоном на расчетном железнодорожном участке или в узле; $n_{\text{пер}}^M$ – общее количество операций перевозочного процесса, выполняемых с вагоном на расчетном железнодорожном участке или в узле.

С каждым конкретным вагоном в зависимости от его транспортных параметров, установленной технологии перевозок, характеристики железнодорожной инфраструктуры и общих параметров состояния перевозочного процесса, выполняется определенное подмножество операций O_{Bi} из множества O_B :

$$O_{Bi} = O_{Bj}^T \in O_{Bi} \left| P_B^T(o_{Bj}^T) \wedge o_{Bk}^M \in O_{Bi} \right| P_B^M(o_{Bk}^M), \quad (2)$$

где P_B^r, P_B^m – установленные действующим технологическим процессом функции выбора последовательности выполняемых операций с вагоном, соответственно, на участке приближения и на расчетном железнодорожном участке или в узле.

Процесс автоматизированного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов предлагается реализовывать на стыке двух моделей:

1) расчета показателей прибытия вагонов на техническую станцию, обслуживающую местную работу на исследуемом полигоне, – то есть установления параметров поступления вагонов из-за пределов расчетного железнодорожного участка или узла;

2) работы грузовых фронтов на исследуемом полигоне.

Модель продвижения вагонопотока на железнодорожных участках и в узлах для решения задачи автоматизированного оперативного планирования местной работы можно представить, объединив последовательно идущие операции в характерные группы (рисунок 1).

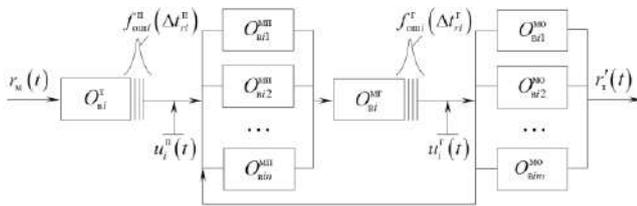


Рисунок 1 – Модель продвижения вагонопотока для решения задачи автоматизированного оперативного планирования местной работы

На рисунке 1 использованы следующие обозначения: O_{vi}^r – совокупность операций, выполняемых с вагоном в зоне оперативной информации; O_{bin}^{mi} – совокупность операций, выполняемых с вагоном от момента прибытия на техническую станцию расчетного железнодорожного участка (узла) до момента начала выполнения комплекса погрузочно-разгрузочных операций, а также операций, связанных с перемещением вагона под сдвоенную грузовую операцию или под грузовую операцию в случае, если вагон погружен назначением на одну из станций расчетного полигона или отправлен туда по регулировочному заданию; O_{br}^{mf} – совокупность операций, связанных с погрузкой и выгрузкой вагона; O_{bin}^{mo} – совокупность операций, выполняемых с вагоном от момента завершения грузовых операций до его отправления в качестве транзитного вагона с расчетного железнодорожного участка (узла), за исключением операций, входящих в состав O_{bin}^{mi} ; $f_{оши}^n \Delta t_{ri}^n$ – функция плотности распределения остатков (ошибок прогнозирования) согласно результатам работы модели прибытия вагона на техническую станцию; $f_{оши}^r \Delta t_{ri}^r$ – функция плотности распределения остатков согласно результатам моделирования продолжительности выполнения грузовых операций; t_{ri}^n, t_{ri}^r – прогноз времени прибытия вагонов на техническую станцию и завершения с вагоном комплекса грузовых операций;

$u_i^n t, u_i^r t$ – управляющие воздействия (регулирование перевозочного процесса), элементы общей функции управления $u t$.

Результатом моделирования продвижения вагонопотока является оперативный прогноз O_B^n , представленный в виде множества

$$O_B^n = \bigcup_{i=1}^{n_{пер}} \bigcup_{j=1}^{n_{вар}} O_{vij}^n, \quad (3)$$

где $n_{вар}$ – количество вариантов технологических цепей, возникновение которых обусловлено характеристиками функций распределения $f_{оши}^n \Delta t_{ri}^n, f_{оши}^r \Delta t_{ri}^r$ для i -го вагона; O_{vij}^n – j -я технологическая цепь для i -го вагона.

Каждой технологической цепи O_{vij}^n возможно поставить в соответствие вероятность ее реализации p_{vij} , вычисляемую по известным $f_{оши}^n \Delta t_{ri}^n, f_{оши}^r \Delta t_{ri}^r$ с учетом нормировки суммарной вероятности для i -го вагона по всем технологическим цепям до единицы.

Совместное продвижение вагонов на расчетном полигоне обуславливает динамическую загрузку его подсистем, то есть непосредственно формирует переменные рабочие параметры системы массового обслуживания. Для оценки состояния объектов моделирования операции перевозочного процесса по способу обслуживания вагонопотока (заявок в системе массового обслуживания) разделены на две группы:

- 1) выполняемые по готовности, то есть обрабатывающие вагонопоток по мере его поступления в канал обслуживания с учетом свободности рабочих ресурсов;
- 2) выполняемые по расписанию (в том числе диспетчерскому).

Как правило, цепи операций, выполняемых по готовности, при обработке местного вагонопотока разделяются отдельными операциями с установленным расписанием: подачей вагонов на выставочные пути или к грузовым фронтам, уборкой вагонов с выставочных путей или грузовых фронтов, отправлением местного поезда, прицепкой (отцепкой) вагонов к прибывшему местному поезду.

Оценку общей продолжительности обработки местного вагона на исследуемом железнодорожном участке или в узле можно представить в виде

$$t_{O_{vi}^M} = \sum_{j=1}^{n_{пер}^M} t_{обс}^M + \sum_{k=1}^{n_{расп}^M} t_{ожк}^M, \quad (4)$$

где $t_{обс}^M$ – продолжительность выполнения операции технологического процесса обработки местного вагона; $n_{расп}^M$ – количество операций технологического процесса, выполняемых по расписанию; $t_{ожк}^M$ – ожидание операции технологического процесса, выполняемой по расписанию, после выполнения предшествующей операции.

Как результат, в подсистеме оперативного прогнозирования выделяются два направления (рисунок 2):

1) прогнозирование продвижения вагонопотока в технологических цепях, состоящих из операций, выполняемых по готовности и заключенных между двумя соседними уровнями расписания ($j, j+1$);

2) прогнозирование состояния уровней расписания в зависимости от заполнения ниток расписания (попадающих на нитки расписания) подвижным составом.

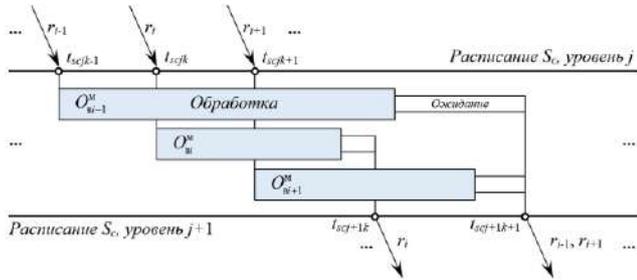


Рисунок 2 – Оперативное прогнозирование обработки вагонов и их продвижения между уровнями расписания

Расписанием S_c для всех установленных графиком (диспетчером, планом) операций, выполняемых на расчетном полигоне, является множество вида

$$S_c = \bigcup_{j=1}^{k_{sc}} s_{cj}, \forall s_{cj} = t_{scj1}, t_{scj2}, \dots, t_{scjk}, P_{scj}, \quad (5)$$

где k_{sc} – количество уровней расписания, которое соответствует числу операций в технологической цепи, выполнение которых предусмотрено в установленное время; s_{cj} – уровень расписания, представляющий собой перечень возможных временных координат для начала выполнения j -й операции (например, график отправления местных поездов); t_{scjk} – k -я нитка j -го уровня расписания, то есть установленный расписанием момент времени возможного начала выполнения операции; P_{scj} – установленная действующим технологическим процессом функция выбора, предписывающая возможность использования нитки расписания для обработки вагона, $E P_{scj} = 0,1$.

Функция выбора P_{scj} является вложенной функцией для P_{scj}^M , и ее значение определяется:

- параметрами вагона (технические характеристики, технологическое состояние, собственник);
- соответствием перечня произведенных с вагоном операций допустимому (наличие или отсутствие в перечне погрузки, выгрузки, промывки, очистки установленных технических или коммерческих неисправностей, необходимых финансовых операций).

Каждую нитку расписания возможно представить в виде нечеткого множества из числа готовых к обработке вагонов и набора технических и технологических ограничений:

$$t_{scjk} = r_i / p_{scjki} \mid P_{scj} = 1 : \forall t_{scjk}, \exists B_{scjk} = b_{scjkn}, \quad (6)$$

где p_{scjki} – мера (вероятность) принадлежности элемен-

та r_i нечеткому множеству t_{scjk} ; B_{scjk} – множество из b_{scjkn} элементов, задающих параметры технических ограничений, накладываемых на k -ю нитку j -го уровня расписания.

Техническими ограничениями в рассматриваемой модели выступают: b_{scjk1} – допустимая длина железнодорожного состава или группы подаваемых (убираемых, выставляемых) вагонов; b_{scjk2} – допустимая масса железнодорожного состава или группы подаваемых (убираемых, выставляемых) вагонов.

В общем виде технические ограничения b_{scjk1} , b_{scjk2} являются переменными величинами, так как технологический процесс может предусматривать различные варианты тягового обеспечения рассматриваемых процессов.

Для решения задач оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов производится анализ множества t_{scjk} :

1 Вычисляется математическое ожидание числа вагонов, готовых к выполнению операции по k -й нитке j -го уровня расписания:

$$R_{scjk}^M = \sum_{i=1}^{r_{нит}} p_{scji}, \quad (7)$$

где $r_{нит}$ – общее число вагонов, для которых вероятность готовности к выполнению операции по k -й нитке j -го уровня расписания $p_{scji} > 0$.

Прогноз параметра R_{scjk}^M является основой для составления базового варианта оперативного плана (то есть для средних условий).

2 Устанавливается множество (перечень номеров) вагонов, продвижение которых наиболее вероятно по k -й нитке j -го уровня расписания:

$$R_{scjk}^B = \bigcup_{i=1}^{r_{max}} \left(r_i \mid \forall p_{scjki} = \max_{k=1}^{k_{nj}} p_{scjki} \right), \quad (8)$$

где r_{max} – количество вагонов, для которых вероятность готовности к обработке по k -й нитке j -го уровня расписания максимальна; k_{nj} – количество ниток расписания на j -м уровне.

На основании множества R_{scjk}^B моделируются наиболее вероятные сценарии продвижения и обработки вагонопотока. Также прогноз элементов множества R_{scjk}^B для лица, принимающего решение, является одной из оценок возможного отклонения готовых к обработке вагонов от среднего значения.

3 Устанавливается множество (перечень номеров) вагонов, продвижение которых по k -й нитке j -го уровня расписания имеет вероятность более 0,5:

$$R_{scjk}^{0,5} = \bigcup_{i=1}^{r_{max}} r_i \mid \forall p_{scjki} > 0,5, \quad (9)$$

В процессе оперативного планирования прогноз

элементов множества $R_{scjk}^{0.5}$ является оценкой величины и степени устойчивости ядра k -й нитки.

4 Рассчитывается вероятность превышения технических ограничений p_{scjk}^b по k -й нитке j -го уровня расписания:

$$\exists n_{\text{нит}} > \left[f_{re} b_{scjkn} \right] \Rightarrow p_{scjk}^b = \sum_{i=1}^{n_p} p_{scjki}^{pq}, \quad (10)$$

где f_{re} – функция, устанавливающая технические ограничения для групп вагонов и составов в физических вагонах на основе ограничений по длине b_{scjk1} и массе b_{scjk2} ; n_p^b – количество вариантов комбинаторных сочетаний (произведений вариантов из вероятностей прямых и обратных событий) из общего числа $n_p = 2^{n_{\text{нит}}}$, для которых количество вероятностей прямых событий превышает $f_{re} b_{scjkn}$, то есть для которых число готовых к обработке вагонов превышает допустимую величину; p_{scjki}^{pq} – вероятность реализации i -го сочетания из вероятностей прямых и обратных событий, для которого число готовых к обработке вагонов превышает допустимую величину.

Современные высокопроизводительные серверные вычислительные платформы имеют производительность $\square 10^{15}$ флופс, что позволяет автоматизированно вычислять искомую вероятность p_{scjk}^b за приемлемое время при $n_{\text{нит}}$ не более $\square 3 \cdot 10^1$. При больших значениях $n_{\text{нит}}$ для оценки p_{scjk}^b возможно использовать аппроксимацию нормального распределения, с математическим ожиданием $\sum_{i=1}^{n_{\text{нит}}} p_{scji}$ и дисперсией $\frac{1}{n_{\text{нит}}} \sum_{i=1}^{n_{\text{нит}}} p_{scji} \sum_{i=1}^{n_{\text{нит}}} 1 - p_{scji}$.

Вероятность превышения технических ограничений p_{scjk}^b по k -й нитке j -го уровня расписания является мерой риска для рассматриваемой нитки, на основе которой принимаются решения о резервировании необходимых производственных ресурсов или пропускной способности элементов инфраструктуры.

Результаты работы имеет три основных составляющих: предложенный метод адаптированы к существующим на железнодорожном транспорте условиям, что позволяет их совместную реализацию на базе эксплуа-

тируемых информационно-аналитических систем управления перевозочным процессом; полученные научные и практические решения позволяют увеличить достоверность результатов оперативного планирования местной работы железнодорожных участков и узлов, что положительно отразится на показателях эксплуатационной работы железной дороги; предложенный метод позволяет масштабировать объекты и задачи оперативного планирования, доступен для использования в смежных областях оперативного планирования перевозок и, прежде всего, для решения актуальных задач поездаобразования.

Список литературы

- 1 СТП БЧ 09150.15.073-2008 «Порядок планирования поездной и грузовой работы Белорусской железной дороги, составления и контроля за выполнением суточных и сменных планов деятельности отделений дороги и станций». – Минск : Бел. ж. д., 2008. – 28 с.
- 2 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
- 3 Долгополов, П. В. Удосконалення управління потоками у транспортному вузлі за допомогою апарату нечітких нейронних мереж / П. В. Долгополов, В. В. Петрушов // Східноєвропейський журнал передових технологій / Харків, 2009. Вип. 1. – С. 40–42.
- 4 Ерофеев, А. А. Управление процессами поездобразования / А. А. Ерофеев // Сб. докл. 7-й конф. молодых ученых. – Вильнюс : Техника, 2004. – С. 336.
- 5 Казаков, Н. Н. Имитационное моделирование работы мультимодальной грузовой линии / Н. Н. Казаков, О. А. Терещенко // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – Гомель: БелГУТ, 2008. – С. 38–43.
- 6 Кузнецов, В. Г. Комплексный подход к информационным технологиям оперативного управления поездной работой на Белорусской железной дороге / В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев, М. В. Федорцов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ – 2013) : вторая науч.-техн. конф., 21–22 октября 2013, г. Москва. – М. : ОАО «НИИАС», 2013. – С. 80–82.
- 7 Кузнецов, В. Г. Модель разработки заданий в суточном плане эксплуатационной работы Белорусской железной дороги / В. Г. Кузнецов, И. А. Войтехович, Т. В. Пильгун // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2010. – № 2 (21). – С. 51–56.
- 8 Терещенко, О. А. Математическая модель эксплуатационной нагрузки на железнодорожный полигон в районе местной работы / О. А. Терещенко // Transportas (Transport Engineering), Vol XIV – Vilnius: Technika, 2007. С. 80–73.

Получено 12.12.2016

O. A. Tereshchenko. The method of operational planning of local work of railway sections and units using a dynamic model of the transportation process.

The method allows high reliability to plan the formation of local trains, the performance of local work, the needs of production resources for the achievement of the indicators and provide the necessary information to higher-level control system, which produce operational planning the transportation process at the network level. Substantiates the approaches. Analytical dependences. Research carried out on the solution of problems of systems theory approaches, methods of set theory, control theory, scheduling theory, probability theory. Presented scientific and practice-conclusions.

УДК 625.8-331.45

И. И. КУЛЬБОВСКИЙ, кандидат технических наук, доцент, Е. Л. СОРОЧИНСКАЯ, кандидат исторических наук, старший преподаватель, Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В ПРОЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТА

Одним из приоритетных направлений во всем мире является обеспечение личной (индивидуальной) безопасности человека. Это направление совпадает с естественной потребностью человека – быть в безопасности и желание избежать страданий. Если в технических и организационных направлениях защиты работающих достигнуты соответствующие успехи, то в направлении психологической защиты работающих как в коллективе, так и индивидуально, пока осуществляются только первые шаги. В работе исследована взаимосвязь социально-экономических аспектов безопасности труда и эффективности деятельности предприятий транспорта.

Нейролингвистическое программирование (далее – НЛП) безопасности человека в европейских странах является наиболее эффективным средством организации субъекта на личную безопасность, о чем свидетельствуют статистические данные по потерям населения, которые в четыре раза меньше, чем в Украине [1]. Поэтому применение НЛП в системе охраны труда позволит поддерживать надлежащий уровень безопасности труда и учитывать соответствующие условия и виды реакций работника на конфликт [2]. Однако необходимо помнить, что реакция человека на конфликтные ситуации складывается по-разному в зависимости от производственных, бытовых или других условий, а также особенностей его характера, сопровождающихся впоследствии соответствующими моделями поведения, которые являются самозащитой, так как вопрос безопасности является одним из важнейших в жизни. Эти модели поведения не всегда являются оптимальными как для здоровья, так и для общей психологической ситуации. Выявленные психофизиологические причины (недоразумение, несовместимость действий, безответственность др.) вызывают негативные эмоции и соответствующие, часто неконтролируемые, действия, следствием которых являются несчастные случаи или общие заболевания (таблица 1).

Таблица 1 – Модели поведения и реакции на конфликт

Негативные эмоции	Особенности эмоционального поведения во время конфликта		Модели поведения по урегулированию конфликта
	проявление тревоги	психологический феномен при конфронтации	
Гнев	При выполнении задания и его контроле	Чувство злости	Напористость и настойчивость (агрессивное решение проблемы)
Тоска	При согласовании решения	Ощущение тоски	Уступчивость (уход от конфронтации)
Страх	При ориентации на личные цели	Беспокойство при необходимости участия в конфликте	Избегание (уклонение от конфликтной ситуации) (отсутствие решения реальной проблемы)

Представленные модели неврологических уровней помогают проанализировать контекст нежелательной реакции человека при возможных конфликтных ситуа-

циях, которые возникают в процессе производственной деятельности на предприятиях транспорта. При этом следует отметить, что организация производственной деятельности не всегда учитывает фактор субъективизма, а также другие факторы, которые способствуют формированию и развитию конфликтных ситуаций в будущем. Поэтому целесообразно выявление причин конфликтов, которые зарождаются в процессе производственной деятельности на предприятиях транспорта и особенно обратить внимание на такие, как распределение ресурсов (материальных, финансовых и др.) с учетом потребностей подразделений, взаимозависимости заданий, где один человек или группа зависят от выполнения задания от другого человека или группы, а также неудовлетворительной коммуникации и т. п. Необходимо помнить, что плохая передача информации является как причиной, так и следствием конфликта и может действовать как катализатор, мешая отдельным работникам или группе понять ситуацию или точки зрения других.

Таким образом, с учетом вышесказанного функции управления, такие как *предвидение (прогнозирование), планирование, организация, координирование и контроль* необходимо рассматривать как в перспективе исключающие конфликтные ситуации, что на практике не всегда подтверждается.

Функции предвидения (прогнозирования) и планирования очень тесно взаимосвязаны. Например, планирование как основная функция управления представляет собой вид деятельности по формированию средств воздействия, обеспечивающих достижение поставленных целей и применяется к важным решениям, определяющим дальнейшее развитие компании или фирмы. Согласно концепции немецкого профессора Д. Хана планирование – это ориентированный в будущее систематический процесс принятия решений. Поэтому планирование дает возможность заранее учесть внутренние и внешние факторы, обеспечивающие благоприятные условия для нормального функционирования и развития компании, фирмы или другого структурного подразделения, и в перспективе избежать конфликтных ситуаций.

Важной функцией управления является функция организации, которая заключается в установлении постоянных и временных взаимоотношений между всеми подразделениями компании или фирмы, определении

порядка и условий их функционирования. Организация как процесс представляет собой функцию по координации различных задач и может быть реализована через административно-организационное или оперативное управление, применение которых на практике часто сопровождаются конфликтными ситуациями и поэтому требующими понимания механизма их реализации в коллективах.

Координирование как функция управления во многом зависит от предыдущих, и их реализация зависит от результатов прогнозирования, планирования, организации и больше всего – от контроля. Регулирование выполняет, в частности, одно из заданий относительно решения конфликтов, однако если рассматривать эту функцию как причину, порождающую конфликты, то необходимо обратить внимание на ошибки, возникающие во время корректировки планов и изменений в организационной структуре компании, а также в формах и методах мотивации. Как выявил анализ успешных предприятий транспорта, фундаментом их успеха были единство, согласие, особенно там, где в основе были семейные традиции, развивались династии. Организации, которые стали убыточными, чаще всего начинали разрушаться под воздействием внутренних факторов, порождавших различные конфликты, а их руководители не знали, как с ними справиться, как их нейтрализовать.

Контроль как функция менеджмента также порождает конфликты, хотя и не так очевидно. Во время контроля руководители пытаются сравнить ожидаемые результаты с фактическими, проверяя все виды ресурсов. Контроль как процесс производственной деятельности также может негативно восприниматься теми, кого проверяют, хотя это зависит от стиля его проведения. Кроме того, отклонение от ожидаемых результатов без объективных причин также не вызывает большого восхищения у руководителей. Все это в целом может быть причиной зарождения конфликтов среди работающих.

Анализ причин успеха и распада предприятий транспорта дал возможность выявить разновидности конфликтов, их последствия и разработать рекомендации из организационной культуры по урегулированию возможных конфликтов на предприятии [4].

Как свидетельствуют результаты проведенных исследований, наиболее распространенными причинами распада (ликвидации) предприятий является борьба за руководящие должности, получения наград. Конфликты, которые возникают в организациях предприятий транспорта, могут быть классифицированы, как показано в таблице 2 [5].

Выявление конфликта с учетом положений, приведенных в таблице 2, является первым шагом его предотвращения и недопущения. Следующие шаги преодоления конфликта позволяют прекратить «раскачивание» организации и установить основную причину конфликта и лиц, которые в него вовлечены, а также наметить пути разрешения конфликта, классифицируемые как организационно-структурные, административные, межличностные (Междоусобные в литературе не встречали!).

Таблица 2 – Классификация конфликтов, возникающих в организациях предприятий транспорта

Субъекты конфликта	Отношения между субъектами в конфликтных ситуациях		Виды конфликтов
	равноправные	господства-подчинение	
Отдельные лица	Между двумя работниками, занимающими идентичные производственные позиции	Между мастером и рабочим, которые занимают разные социальные (производственные) позиции	Горизонтальный и вертикальный
Группа	Между двумя группами, которые занимают равные производственные позиции	Между группами, которые занимают неравные производственные позиции	

Таким образом, стратегии управления конфликтами могут быть рассмотрены на основе информационных, коммуникативных, социально-психологических и организационных технологий, характеристика которых представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Технологии управления конфликтами

Технологии	Краткая характеристика
Информационные	Ликвидация дефицита информации в конфликте, исключение из информационного поля ошибочной, «перекрученной» информации, устранения слухов
Коммуникативные	Организация общения между субъектами конфликтного взаимодействия и их сторонниками, обеспечение эффективного общения
Социально-психологические	Работа с неформальными лидерами и микрогруппами, снижение социальной напряженности и укрепление социально-психологического климата в коллективе
Организационные	Решение кадровых вопросов, использование методов поощрения и наказания, изменение условий взаимодействия сотрудников

Наиболее эффективной является система предотвращения появления конфликтов, которые приводят к негативным последствиям в коллективе. Возникновение конфликтов предотвращает благоприятный психологический микроклимат в коллективе, планирование и реализация мероприятий из профилактики конфликтных ситуаций, верный выбор методов устранения конфликтов, стимулирования конструктивного поведения работников в конфликтных ситуациях.

Среди способов преодоления конфликтов различают [5]:

– педагогический – беседа, просьба, убеждение, разъяснение требований к работе, запрет неправомерных действий субъектов;

– *адміністративний* – силовое решение конфликта, подавления интересов, перевода на другую работу, решение конфликта по приговору решения комиссии, суда.

В основе бесконфликтного управления лежат разработанные методы оптимизации мотивации персонала, которые предусматривают комплекс позитивного влияния психологических, экономических, организационных оперативных процессов:

– установление единственного статуса всех работников предприятий транспорта;

– равные возможности для предоставления работы и развития карьеры, осознания работниками собственной значимости и причастности к делу, признание их личного вклада в достижение организации, справедливость в нормах выработки, распределении работы, оценках деятельности, вознаграждениях;

– формирование творческой атмосферы для содействия самореализации работников; своевременный должностной и квалификационный рост, ротация кадров, создания возможностей для роста благосостояния;

– сертификация персонала, обеспечение участия в получении прибылей, создания атмосферы взаимного доверия, уважения и поддержки, сохранения здоровья работников и членов их семей, предоставления работы в соответствии с интересами, склонностью и профессиональной подготовкой, ощущением уверенности в будущем, стимулирования самоконтроля за выполнением работ, поощрения взаимного доверия между работниками, непроизводственных отношений, общего отдыха, обеспечения обратной связи между руководителем и исполнителем.

Список литературы

1 Dahrendorf. Class and Class Conflict in Industrial Society. – 1959. – P. 161–163.

2 **Parsons, T.** An Outline of Social System / T. Parsons // Theories of Society. – 1962. – Y. 2. – P. 71.

3 **Смирнов, В. А.** Безпека невиробничої діяльності / В. А. Смирнов, С. А. Дикань, Р. І. Пахомов. – К. : Освіта України, 2011. – 306 с.

4 **Смирнов, В. А.** Безпека життєдіяльності / В. А. Смирнов. – К. : Кафедра, 2012. – 304 с.

5 **Лапін, В. М.** Безпека життєдіяльності людини / В. М. Лапін. – К. : Знання, 2007. – 334 с.

Получено 14.04.2015

I. I. Kulbovsky, E. L. Sorochinska. Social and psychological aspects safety of transport infrastructure projects.

One of the priorities worldwide is to ensure the personal (individual) human security. This direction coincides with the natural human need to be safe and the desire to avoid suffering. If the technical and organizational areas of protection achieved relevant success in the direction of the psychological protection of working in a team and individually, yet are only the first steps. In the article investigation the efficiency of activity of enterprise and social-economical aspects of safety and efficiency of transport companies.

УДК (334.02,504.064.2):656.2

3. П. ДВУЛИТ, кандидат экономических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ECOTRANSIT@WORLD В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Исследован программный продукт EcoTransIT@World (Ecological Transport Information Tool Worldwide – информационный инструмент по определению экологичности транспорта в мире), который дает возможность доступным и удобным способом осуществлять расчет энергетических затрат и данных о выбросах загрязняющих веществ во всемирной транспортной сети. Научная новизна заключается в определении условий применения данного метода как для мировой системы железнодорожного транспорта и его влияния на окружающую среду, так и для железных дорог Украины с учетом влияния деятельности предприятий железнодорожного транспорта на окружающую среду. С экологической точки зрения железнодорожный транспорт оказывает менее значительное антропогенное воздействие на окружающую среду и, следовательно, является наиболее экологически конкурентоспособным видом транспорта. Поэтому автором обоснована необходимость внедрения такой программы для обеспечения экономико-экологического управления устойчивым развитием предприятий железнодорожного транспорта в условиях глобального информационного общества на пути к евроинтеграции и глобализации.

Из всех видов транспорта сегодня наиболее перспективным является железнодорожный, который способен оптимально соответствовать сочетанию скоростных, ценовых и экологических требований.

В процессе своего развития транспорт использует различные виды ресурсов многоцелевого назначения (пространственные, водные, энергетические), что вызывает необходимость учитывать не только максимальный экономический эффект от их использования, но и обеспечение устойчивости экосистемы как необходимого условия устойчивого социально-экономического развития на длительную перспективу. Поэтому экологический принцип проектирования развития транспортной отрасли не должен ограничиваться рамками узкоприродоохранных мероприятий, а обязан учитывать сочетание различных процессов антропогенной деятельности. Это в полной мере касается железнодорожного транспорта, производственная деятельность предприятий которого в основном негативно влияет на окружающую среду. Вместе с тем железнодорожный транспорт имеет наименьшую экологическую нагрузку, что является весомым преимуществом этого вида транспорта.

На пути евроинтеграции Украина задекларировала признание, соблюдение и внедрение требований и директив ЕС, в т. ч. по транспорту [1]. ЕС предусматривает меры в области охраны окружающей среды, в частности, уменьшение вредных выбросов транспорта в атмосферу путем переориентации грузопотока с автотранспорта на другие виды, в т. ч. железнодорожный транспорт. Украина в данном направлении занимает приоритетное место, учитывая, что железными дорогами перевозится до 60 % грузов, в то время как в ЕС же доля грузовых перевозок железнодорожным транспортом составляет 8 % [2, с. 147]. Директива 2004/35 / ЕС Европейского Парламента и Совета определяет, что предприниматель, деятельность которого вызвала экологический ущерб или неизбежную угрозу такого ущерба, считается финансово ответственным [3]. Это заставляет предпринимателей принимать меры и разрабатывать собственную практику, направленные на минимизацию рисков экологического ущерба, таким

образом, чтобы уменьшить незащищенность от связанных с последними финансовыми рисками [2, с. 125]. Регламент (ЕС) № 1371/2007 Европейского Парламента и Совета от 23 октября 2007 г. о правах и обязанностях пассажиров железнодорожного транспорта отмечает, что важно сохранить права пользователей железнодорожного транспорта и улучшить качество и эффективность транспортных железнодорожных услуг для того, чтобы помочь увеличить долю железнодорожного транспорта по сравнению с другими транспортными средствами. Права пользователей на железнодорожные услуги включают получение информации об услугах как перед, так и во время путешествия. По возможности, железнодорожные предприятия и продавцы билетов должны предоставлять эту информацию как можно заранее. При этом предоставление информации и продажа билетов пассажирам железнодорожного транспорта должны упрощаться путем приспособления компьютеризированной системы к общим требованиям [2, с. 130; 4, 5].

Кроме того, 6 июля 1999 г. Украина ратифицировала Конвенцию о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская Конвенция) [6], что, следовательно, предполагает, что информация об окружающей среде, ее охране и загрязнении, в том числе в результате деятельности предприятий железнодорожного транспорта (ПЖТ), должна быть доступна и открыта.

Глобальное информационное общество ставит свои требования к управлению предприятиями железнодорожного транспорта, в частности, его прогресс требует внедрения современных информационных систем, компьютерных программ в деятельности ПЖТ.

Последнее десятилетие характеризуется устойчивым увеличением количества научных работ о современном состоянии ПЖТ, его проблем и направлений улучшения существующей ситуации. В частности, проблемы реформирования железнодорожного транспорта и тенденции его развития исследовались М. В. Макаренко и Ю. М. Цветовым [7], Г. М. Кирпой [8];

определение роли железнодорожного транспорта Украины в обеспечении устойчивого развития общества было предметом исследований Ю. С. Бараша [9], А. В. Бойко [10], Е. И. Зориной [11], Е. И. Рыбиной [12]; проблема влияния ПЖТ на окружающую среду изучалась, М. Н. Чеховской [13]. Отдельные положения, касающиеся поиска новых подходов к экономико-экологическому управлению устойчивым развитием ПЖТ, были освещены в предыдущих исследованиях [2, 14–21].

Отметим, что в последние годы на ПЖТ активизировалась работа по снижению негативного воздействия на окружающую среду и соблюдения природоохранного законодательства. Стимулирующим фактором при этом являются, в частности, требования международных транспортных систем, направленные на снижение уровня ресурсопотребления и внедрение экологически чистых видов транспорта с учетом международных экологических норм.

Перевозки грузов вызывают потребление энергии, выбросы углекислого газа и выхлопных газов. Все больше и больше логистических провайдеров, а также пограничные компании интересуются эконормами грузовых перевозок различными видами транспорта с целью уменьшения негативного воздействия на окружающую среду [22]. Все чаще транспортные и экспедиторские компании, в первую очередь на Западе, планируют грузовые перевозки не только с учетом финансово-экономических факторов, но и экологических критериев. Невысокие показатели эмиссии углекислого газа все в большей степени становятся дополнительным аргументом для привлечения клиентов. Но и с хозяйственной точки зрения в условиях роста сборов и налогов, а то и штрафов за лишние выбросы в атмосферу углекислого газа, низкая эмиссия дает транспортникам, причем как заказчикам, так и исполнителям, заметные преимущества [2, с. 35, 352]. Перечисленные факторы стали актуальным поводом для появления электронной программы EcoTransIT®World (Ecological Transport Information Tool Worldwide – Информационный инструмент по экологичности транспорта во всём мире) [22; 23].

С середины 80-х гг. XX в. три независимые немецкие организации: Институт энергетических и экологических исследований (Institut fuer Energie und Umweltforschung (IFEU)) из Гайдельберга, Öko-Institut из Берлина и консалтинговая фирма с управления железными дорогами (Rail Management Consultants GmbH (RMCon / IVE mbH)) из Ганновера разрабатывали научно обоснованные методы и стандарты для подсчета воздействия различных видов транспорта на окружающую среду. В 2000 году пять европейских железнодорожных компаний: DB Schenker Rail, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Green Cargo AB, Trenitalia SpA, Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF) – инициировали проект по разработке объективной программы EcoTransIT®World (далее – EcoTransIT) для того, чтобы количественно оценить выбросы от грузового транспорта. Вскоре присоединились еще два партнера: Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE) и Société Nationale des Chemins de fer Belges (SNCB). Все партнеры в рамках проекта предоставляют свои базы данных для разработки совместного программного продукта, в котором,

естественно, учитываются национальные директивы и правила. Этой методикой пользуется, в частности, Европейское агентство по вопросам окружающей среды (EUA) [24].

Разработанная в Германии компьютерная программа EcoTransIT открывает возможность подсчитать энергетические затраты и объем эмиссии углекислого газа практически на всех видах грузового транспорта, причем не только на маршрутах в Европе, но и по всему миру [2, с. 351] (рисунок 1).

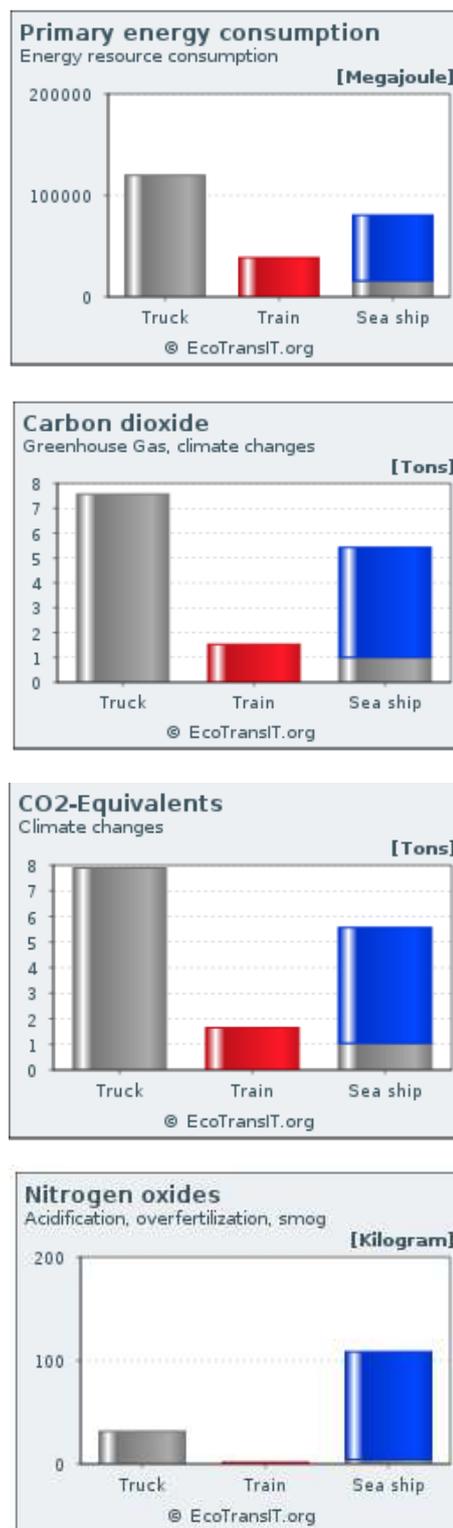


Рисунок 1 – Пример результата расчета выбросов загрязняющих веществ [22]

Как видно из рисунка 1, EcoTransIT определяет воздействие на окружающую среду перевозок грузов с точки зрения непосредственного потребления энергии и выбросов при эксплуатации транспортных средств, транспортировке продукции [22]. Кроме того, расчет данной программы охватывает косвенное потребление энергии и выбросы, связанные с производством, транспортировкой и распределением энергии, необходимой для эксплуатации транспортных средств. Есть много факторов, которые определяют уровень воздействия на окружающую среду в сфере грузовых перевозок. Исчерпывающий перечень влияющих факторов служит основой для расчета воздействий, что позволяет пользователю изменять факторы применения EcoTransIT в соответствии с индивидуальными условиями компании [22]. При этом входные параметры и процесс анализа программы предусматривают уточнение следующих данных:

- для каждого вида транспорта GIS-система дает детальное описание маршрутов следования товаров;
- расчеты предусматривают любые погрузочно-разгрузочные работы при пересечении границ;
- объемный вес транспортируемого груза позволяет точно оценить размер вагонов [22].

В ответ на потребности компаний в мировом масштабе, специфические для каждой страны критерии, такие как комбинации энергии и топологии, включены в расчеты. Соответственно, EcoTransIT может быть использован для расчета маршрутов по всему миру с любым видом транспортных услуг, и при этом возможно сравнение потребления энергии и выбросов различных загрязнителей окружающей среды на основе дифференциации видов транспорта.

Таким образом, пользователь может выбрать маршруты и режимы перевозки с наименьшим воздействием на окружающую среду [22].

Благодаря научной основе данных и независимым партнерам, расчеты EcoTransIT обеспечивают надежные результаты, которые способствуют экологическому балансу компаний. Это может помочь создать устойчивую энергетическую стратегию, интегрировать эффективные процессы производства с низкой отдачей логистических решений, а также способствовать рациональному потреблению ограниченных ресурсов.

Целевой аудиторией EcoTransIT являются менеджеры компаний, логистические операторы, специалисты по планированию транспортных услуг и другие организации, которые заинтересованы в расчете влияния на окружающую среду грузовых перевозок на конкретных маршрутах. EcoTransIT обеспечивает пользователей сравнительным анализом воздействия на окружающую среду в результате различных транспортных решений по конкретным транспортным потокам.

Программа адресована всем тем, кто хочет выяснить наиболее экологически чистый способ перемещения товаров от А до Б. EcoTransIT помогает рассчитать, сколько энергетических затрат, углекислого газа и других выбросов могут избежать компании за счет перехода от более загрязняющего окружающую среду к более чистому виду транспорта. EcoTransIT может количественно оценить воздействие на окружающую среду логистической деятельности компании в рамках экологического баланса.

Таким образом, EcoTransIT является инструментом для принятия решений, помогает оптимизировать логистические цепочки и сети распределения деятельности компании и обеспечивает надежные данные для внешних коммуникаций [22]. Кроме того, компании, в которых внедрена система экологического менеджмента (СЭМ), имеют значительные преимущества от EcoTransIT. Целью СЭМ является улучшение охраны окружающей среды в бизнесе и промышленности, предусматривающее, в частности, экологически оптимальный транспортный маршрут сырья и готовой продукции. Мало того, что компании должны показать влияние на окружающую среду всей своей логистической деятельности, они также должны показать свои меры по его сокращению. EcoTransIT помогает компаниям соответствовать стандартам экологических показателей экологического менеджмента и аудита (EMAS II или ISO 14000) [22].

Следует отметить, что стандарты серии ISO 14000 являются добровольными, однако они обеспечивают систему менеджмента качества влияния предприятия на окружающую среду и требований природоохранного законодательства. Введение в компании системы экологического управления может обеспечить получение экономической выгоды. Организация, система управления которой охватывает экологическое управление, имеет основание для сбалансирования и сочетания экономических и экологических интересов, ведь этот стандарт соответствует концепции устойчивого развития и дает ей возможность заблаговременно согласовывать экологические цели и задачи с конкретными финансовыми результатами деятельности [25, с. 226].

Различные заинтересованные лица также становятся все более и более обеспокоенными воздействием на окружающую среду компаний и хотят видеть доказательства обязательств компаний в этой сфере. Возможность использовать EcoTransIT непосредственно для своих перевозочных запросов, а также проверить эко-заявления, сделанные компанией, является большим вкладом в прозрачность получаемой информации [22].

Целью экологического баланса является предоставление всей количественной информации о выбросах парниковых и выхлопных газов, связанных с деятельностью компании. Этот баланс определяет районы выбросов компании, устанавливает требования к контролю загрязнения окружающей среды и, наконец, приводит к появлению новых технологий внутри самой компании.

EcoTransIT является простым в использовании веб-инструментом программного обеспечения для оценки воздействия на окружающую среду перевозок грузов различными видами транспорта по всему миру. Соответствующие определяющие факторы принимаются во внимание, чтобы выяснить точное воздействие на окружающую среду (потребление энергии, углекислый газ, выбросы загрязняющих веществ). На сайте http://www.ecotransit.org/example_en.html [22] каждый желающий, следуя инструкциям, может сделать свой **индивидуальный расчет**. Рассмотрим методику такого расчета поэтапно.

Шаг 1. *Режим введения*. Сначала для фактического расчета необходимо выбрать режим ввода. Предлагаются

два различных режима: стандартный и расширенный. Стандартный режим позволяет «быстрый» расчет, в то время как расширенный режим предусматривает более точную спецификацию транспортной цепи.

Шаг 2. *Определение товара.* Товары, подлежащие транспортировке, могут быть указаны путем определения веса или количества контейнеров и типа груза (сухой, наливной, живность).

Шаг 3. *Пункт отправления и назначения.* Определяются пункты отправления и назначения путем введения соответствующих названий в предусмотренных полях. После этого пользователь классифицирует тип пункта отправления и назначения, выбирая конкретный городской адрес или железнодорожный вокзал, или порт, или аэропорт. Кроме того, можно ввести почтовый индекс или выбрать пункт отправления или назначения с помощью Google Maps. Также можно дополнительно отметить, если боковые дороги и/или порт доступны в пункте отправления или назначения.

Шаг 4. *Транспорт.* После того как определен маршрут, необходимо определить транспортную цепочку. Доступны различные транспортные средства: грузовой автомобиль, поезд, самолет, корабль и внутренние судна.

Экспертный режим позволяет определять технические и эксплуатационные детали. Пользователь может ознакомиться с уровнем выбросов загрязняющих веществ на различных видах транспортировки груза. Этот режим позволяет также указывать промежуточные пункты, что может повлиять на маршрут транспортировки или вызвать изменение вида транспорта (для комбинированных перевозок). Можно, кроме того, определить коэффициент загрузки транспортного средства.

Шаг 5. *Результат.* После введения всех соответствующих факторов пользователю следует нажать кнопку с надписью «Расчитать», чтобы начать вычисления. Результаты расчета представляются в программе EcoTransIT в виде гистограмм и таблиц. Выбрав в меню последнюю опцию «Расстояние», можно увидеть длину маршрутов по соответствующему запросу перевозки, совершенных различными транспортными средствами. Маршрут можно отследить через Google Maps или путем экспорта в Google Earth Route [22].

То есть пользователь может виртуально «отправить» свой груз практически из любой точки планеты, а электронно-вычислительная машина выдаст ему маршрут от склада или фирмы-производителя до ближайшего грузового железнодорожного терминала, речного или морского порта либо аэропорта. Здесь же можно найти расписания движения, иную сопутствующую полезную информацию. Следующий этап – теоретическое определение объема эмиссии углекислого газа на конкретном маршруте. В связи с этим уместно привести хотя бы один конкретный пример. Возьмем транспортировку стандартного 20-футового контейнера (TEU) из Пекина в Гамбург. Самый быстрый вариант, естественно, – это авиационный транспорт. Однако выброс CO₂ в атмосферу, включая автомобильную доставку груза в аэропорт и из аэропорта, составит 56,4 тонны. Морским путем,

который по времени существенно продолжительнее, экологический баланс составит от 2,5 до 3,5 CO₂ в зависимости от скорости судна. Наиболее приемлемым с точки зрения защиты окружающей среды на указанном маршруте однозначно является железнодорожный транспорт – 1,9 тонны CO₂ (с учетом использования автомобильного транспорта для доставки контейнера на терминал и к клиенту). Да и по времени в пути он как минимум в два раза быстрее морского транспорта [24].

Отметим, что использование стандартного интерактивного приложения EcoTransIT с www.ecotransit.org бесплатное, если применяется для отдельных партий без дальнейшей настройки.

Для профессиональных пользователей (поставщиков логистических услуг, грузоотправителей и перевозчиков) EcoTransIT предлагает специальную услугу – «Business Solutions» («Деловые решения»), что позволяет компаниям рассчитать большое количество партий сразу без ручных усилий обработки. Она обеспечивает удобный интерфейс на основе оперативных данных отдельного клиента, адаптированный к его потребностям и требованиям, который реализуется в индивидуальном порядке. Другие решения, чем показанные на сайте EcoTransIT, могут быть разработаны по запросу клиентов. Поэтому благодаря «Business Solutions» корпоративное хранилище данных может быть заполнено всей информацией, необходимой для реализации конкретных экологических отчетов, региональных кадастров, формирования отчетности по выбросам загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух [22].

Лицензия на использование «Business Solutions» позволяет клиенту использовать любой вид бизнес-решений в рамках своей эко-транспортной программы компании и 100 % дочерних компаний. Ежегодная плата гарантирует стандартный уровень производительности сервера программного обеспечения EcoTransIT и не ограничивает количество вычислений компании.

Пользователями «Business Solutions» EcoTransIT являются, в частности, Австрийские железные дороги (ÖBB), Бельгийские железные дороги (ERS), Международный союз железных дорог ((UIC), Франция) и др. [22].

Подытожим, что с помощью программы EcoTransIT любое заинтересованное юридическое или физическое лицо может точно подсчитать энергетические затраты и объем эмиссии углекислого газа всей транспортной цепочки от А до Б, выбрать наиболее оптимальные варианты как с точки зрения маршрута, топологии и вида транспорта, так и с экологической точки зрения. Как правило, необходимо комбинированное решение с несколькими промежуточными пунктами, что расширяет и количество потенциальных вариантов, и спектр перевозки различными видами транспорта. Поэтому можно остановить свой выбор на том варианте, который, по мнению заказчика, наиболее оптимально отвечает как его экономическим возможностям, так и экологическим представлениям. С недавних пор новейшая версия такой программы, доступной в Интернете любому потребителю, которая сначала существовала только для европейской части континента, охватывает весь мир [2, с. 352].

Программа EcoTransIT с немецкой педантичностью способна учитывать и топливно-энергетические затраты, в том числе даже такие нюансы, как вид производства электроэнергии – с использованием невосполнимого природного источника сырья или же альтернативных источников [24].

Выбор клиентом соответствующего маршрута с учетом оптимального соотношения его стоимости, продолжительности, затрудненности пересадками и т.д. и количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух является проявлением отношения как людей (либо граждан, либо компаний), так и железной дороги к экологии в целом. К сожалению, на сегодня в мире немного железных дорог используют на своих сайтах такие программы, как EcoTransIT. Передовой опыт Немецкой железной дороги, преимущества введенного ею программного продукта следует применять на сайтах украинских железных дорог для решения проблем экономико-экологического управления устойчивым развитием ПЖТ. Отметим определенные положительные сдвиги в этом направлении. Так, на сайте железных дорог Украины недавно введены новые сервисы для удобного и быстрого поиска железнодорожных билетов, что позволяет не только искать необходимый клиенту поезд, но и посмотреть имеющееся количество свободных мест по любому направлению. Кроме этого, железные дороги Украины упростили механизм приобретения билетов через Интернет, внедрена оплата билетов Online (опытная эксплуатация) [26].

Итак, основное преимущество такого программного продукта заключается в том, что он позволяет осуществлять рациональное планирование железными дорогами как количества подвижного состава инвентарного парка, так и объемы и состав загрязнений окружающей среды. А кроме того, он дает возможность наглядно отразить и сделать расчёт влияния транспортной работы подвижного состава ПЖТ как передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха основными загрязняющими веществами и парниковыми газами. В связи с этим железные дороги являются большим предпочтением, поскольку они, по сравнению с другими видами транспорта, производят менее пагубное влияние на окружающую среду. Внедрение и применение такого информационного инструмента, как EcoTransIT составляет большой конкурентный перевес этого вида транспорта в сфере экологии, что было отображено на примере рисунка 1. Учитывая вышеизложенное, представляется обоснованной необходимость использования лучшего опыта применения современных программных продуктов в сфере экономико-экологического управления устойчивым развитием предприятий железнодорожного транспорта Украины в условиях глобального информационного общества на пути к евроинтеграции и глобализации.

Список литературы

- 1 Двулит, З. П. Развитие железнодорожного транспорта в условиях евроинтеграции / З. П. Двулит, А. В. Савицкий // Сборник научных трудов ГЭТУТ. Сер. «Экономика и управление». – К. : ГЭТУТ, 2014. – Вып. 29. – С. 90–94.
- 2 Двулит, З. П. Экономико-экологическое управление устойчивым развитием предприятий железнодорожного транспорта: теория, методология, практика : [моногр.] / З. П. Двулит. – Киев., 2016. – 424 с.

3 Директива 2004/35 / ЕС Европейского Парламента и Совета «Об экологической ответственности за предупреждение и ликвидацию последствий нанесенного окружающей среде вреда» от 21.04.2004 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://zakon0.rada.gov.ua/-laws/show/994_965. – Загл. с экрана.

4 Законодательство Европейского Союза [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.transport-ukraine.eu/docs/27>. – Загл. с экрана.

5 Двулит, З. П. Интеграция предприятий железнодорожного транспорта Украины в европейскую железнодорожную систему: экологическая составляющая / З. П. Двулит // Сборник научных трудов ГЭТУТ. Сер. «Экономика и управление». – Киев : ГЭТУТ, 2015 – Вып. 34. – С. 89–102.

6 Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская Конвенция), ратифицирована Законом N 832-XIV от 06.07.1999 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_015 – Загл. с экрана.

7 Железнодорожный транспорт Украины и России: тенденции развития и проблемы / Ю. М. Цветов [и др]. – К. : ГЭТУТ, 2008. – 277 с.

8 Кирпа, Г. М. Интеграция железнодорожного транспорта Украины в европейскую транспортную систему : [моногр.] / Г. М. Кирпа. – 2-е изд., перераб. – Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Макарова, 2004. – 248 с.

9 Бараш, Ю. С. Виды новых организационных структур по управлению железнодорожным транспортом в Украине / Ю. С. Бараш // Железнодорожный транспорт Украины. – 2006. – № 5. – С. 49–53.

10 Бойко, А. В. Устойчивое развитие транспортной системы Украины / А. В. Бойко, З. П. Двулит // Сборник научно-технических работ «Научный вестник» Национального лесотехнического университета Украины. – Львов, 2013. – Вып. 23.18. – С. 95–104.

11 Зорина, Е. И. Обеспечение устойчивого социально-экономического развития железнодорожного транспорта Украины : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.03 / Зорина Елена Ивановна. – Харьков, 2012. – 664 с.

12 Рыбина, Е. И. Организационно-экономическое обеспечение экологически устойчивого развития железнодорожного транспорта : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.06 / Рыбина Елена Ивановна. – Сумы, 2014. – 253 с.

13 Чеховская, М. Н. Организационно-экономический механизм совершенствования природоохранной деятельности на железнодорожном транспорте Украины : дис. ... канд. экон. наук : 08.08.01 / Чеховская Мария Николаевна. – Киев, 2003. – 201 с.

14 Двулит, З. П. Эколого-экономическое управление железнодорожным транспортом, ориентированное на устойчивое (гармоническое) развитие / З. П. Двулит // Сборник научных трудов ГЭТУТ. Сер. «Экономика и управление». – Киев : ГЭТУТ, 2012. – Вып. 20. – С. 98–106.

15 Dvulit, Z. The formation of sustainable development paradigm on railway transport enterprises in Ukraine / Z. Dvulit // Сборник научных трудов ГЭТУТ. Сер. «Экономика и управление». – Киев : ГЭТУТ, 2015 – Вып. 33. – С. 78–89.

16 Dvulit, Z. Toward a sustainable transport in Ukraine: main obstacles and directions of development / Z. Dvulit, O. Vojko // ECONTECHMOD. – 2014. – Vol. 3. – № 2. – P. 7–14.

17 Двулит, З. П. Инструментарий системного анализа для эколого-экономического управления предприятиями железнодорожного транспорта Украины / З. П. Двулит // Вестник БелГУТа: наука и транспорт. Научно-практический журнал. – Гомель : БелГУТ, 2015. – № 2 (31). – С. 114–119.

18 Двулит, З. П. Влияние железнодорожного транспорта на окружающую среду / З. П. Двулит // Проблемы и

перспективы развития транспортных систем в условиях реформирования железнодорожного транспорта: управление, экономика и технологии (24–25 марта 2011) : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Сер. «Техника, технология». – К. : ГЭТУТ, 2011. – С. 290–291.

19 **Двулит, З. П.** Экономико-экологические аспекты влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду / З. П. Двулит // Сборник научных трудов ГЭТУТ. Серия «Экономика и управление». – К. : ГЭТУТ, 2012. – Вып. 18. – Ч. 2. – С. 132–143.

20 **Двулит, З. П.** Загрязнение атмосферного воздуха как один из видов воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду / З. П. Двулит // Сборник научных трудов ГЭТУТ. Сер. «Экономика и управление». – К. : ГЭТУТ, 2012. – Вып. 21–22. – Ч. 2. – С. 99–103.

21 Разработка концепции устойчивого развития железных дорог Украины : отчет о НИР (заключ.) / Гос. экономико-технологический университет транспорта ; рук. З. П. Двулит ; вып. : З. П. Двулит. – К., 2015. – 124 с. – № ДР 0115U002600.

22 EcoTransIT [Electronic resource]. – Mode of access : www.ecotransit.org. – The Name of the Screen.

23 EcoTransIT World (Ecological Transport Information Tool Worldwide Transports): Methodology and Data: Update. – Berlin-Hannover-Heidelberg: IFEU Heidelberg, Öko-Institut, IVE, RMCON, July 31th, 2011. – 106 p.

24 **Анатольев, И.** Энергорачительность по-немецки. Компьютерные программы в экологической борьбе / И. Анатольев // Электронный журнал «ЭСКО». – 2010. – № 9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://journal.esco.co.ua/2010_9/art140.htm. – Загл. с экрана.

25 **Двулит, З. П.** Внедрение системы экологического управления для решения задач охраны окружающей среды предприятиями железнодорожного транспорта / З. П. Двулит // Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте (17 ноября – 14 декабря 2014) : Девятая Междунар. науч.-практ. конф. – Киев : ЕКУЗТ, 2014. – С. 224–226 : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ekuzt.gov.ua/node/79#overlay-context=node/2>. – Загл. с экрана.

26 Пассажирам : офіц. веб-сайт Укрзалізниці [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://uz.gov.ua/passengers>. – Загл. с экрана.

Получено 10.10.2016

Z. P. Dvulit. Pplication modern software product ecotransit world in the system of economic-environmental management of sustainable development of enterprises of railway transport.

Researched software product EcoTransIT®World (Ecological Transport Information Tool Worldwide – an Information tool for determining the environmental transport in the world), which enables an affordable and convenient way to carry out calculation of energy consumption and emission data of pollutants in the worldwide transport network. Scientific novelty lies in determining the conditions of application of this method for global system for rail transport and its impact on the environment, and for the Railways of Ukraine taking into account the influence of activity of enterprises of railway transport on the environment. From an environmental point of view, rail transport has a less considerable anthropogenic impact on the environment and is therefore the most environmentally competitive. Therefore, the author substantiates the necessity of introduction of such programmes to ensure economic and environmental management of sustainable development of enterprises of railway transport in the global information society towards the European integration and globalization.

Генеральное направление перспективного развития транспортного комплекса России определено в «Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года», принятой Правительством РФ в ноябре 2008 г. Практически половина задач, поставленных в Стратегии перед транспортным комплектом страны, относится к социальным пассажирским перевозкам, как средству удовлетворения жизненно важных потребностей населения. Задачи транспорта в части пассажирских перевозок определяются как социальная функция государства по предоставлению населению страны безопасных, комфортных и доступных по цене транспортных услуг. При этом задачи речного транспорта выделены особо как для обеспечения населения территорий Севера, Сибири и Дальнего Востока, так и для социальных перевозок пассажиров в крупных городах (водное такси), в пригородном и местном сообщении (в том числе на боковых реках), на переправах, на «подхвате» пассажиров от железнодорожных станций примыкания к водным магистралям таких как Лабытнаги, Приобье, Лесосибирск, Нижневартовск, Лена и др.

Важно, что ответственность за реализацию задач Стратегии правительства возлагает не только на транспортные ведомства, но и на регионы. Регионам, в частности, предписывается:

- разработать региональные целевые программы развития речных пассажирских перевозок;
- обеспечить строительство (реконструкцию) с участием региональных бюджетов и средств частных инвесторов речных пассажирских вокзалов, причалов, развитие инфраструктуры для обслуживания пассажиров.

В свою очередь транспортные ведомства и судостроительные предприятия должны создать пассажирские суда, не уступающие по технико-экономическим параметрам мировым аналогам, в том числе скоростные суда для работы на мелководье.

На сегодня можно констатировать, что задачи Стратегии в части создания скоростных судов для работы на мелководье практически выполнены. Отечественными судостроителями построены сотни судов на воздушной подушке различного назначения. Они широко применяются в подразделениях МЧС, МВД, Минздрава, в Минобороны в качестве средств десантирования личного состава и боевой техники, приобретаются частными лицами. Постепенно СВП внедряются и в сферу социальных пассажирских перевозок, т.е. по своему прямому назначению. Круглогодично действуют пассажирские линии в Ханты-Мансийском автономном округе, Красноярском крае, на Амуре, в городах Поволжья и т.д. Однако массового использования СВП на регулярных пассажирских маршрутах пока не наблюдается. Основная причина заключается в убыточности социальных пассажирских перевозок.

В констатирующей части текста Стратегии отмечается: «Перевозки пассажиров во внутреннем сообщении на всех видах транспорта (за исключением междугородних автобусных перевозок и регулярных воздушных линий) убыточны». Не будем анализировать причины убыточности (их несколько, они объективны и сохраняются в обозримой перспективе), но отметим, что в убыточные предприятия капиталовложения не идут, в пассажирских судостроительных компаниях реализуется некапи-

талоёмкая модель существования, суда, построенные в основном еще в советское время, списываются по причине физического износа, спрос населения на социальные перевозки не удовлетворяется. Имеет место парадоксальная ситуация: потребность в социальных пассажирских перевозках имеется, отечественные предприятия могут построить современные комфортабельные, безопасные и экологически совершенные суда для этих перевозок, а размеры речных пассажирских перевозок в целом по России в последние годы не растут по причине недостатка флота.

В нашей стране строится социальное государство, забота о благосостоянии народа – обязанность государственной власти всех уровней (от федерального до муниципального). Предоставление населению комфортных, безопасных и доступных по цене транспортных услуг есть проявление этой заботы. Конкретное выражение поддержки пассажирских судостроительных компаний со стороны власти заключается в покрытии убытков судостроительных компаний за счет региональных и местных бюджетов, что имеет место практически во всех регионах, где осуществляются речные пассажирские перевозки. Сложности возникают в случае необходимости замены флота. Богатые регионы, такие как Тюменская область, Красноярский край, Якутия находят средства для приобретения современных скоростных судов на подводных крыльях, воздушной каверне, воздушной подушке. Большинство же регионов не в состоянии найти в своих бюджетах средств на обновление флота.

Учитывая важность проблемы социальных пассажирских перевозок для страны следует обратиться к государственной поддержке для ее разрешения. Государство имеет опыт поддержки проблемных отраслей через налоговую и тарифную политику, лизинг, льготные кредиты и т.д.. В частности, в 2015 г. решена проблема убыточности пригородных электропоездов. В тексте Стратегии отмечается готовность государства оказать поддержку развитию социальных пассажирских перевозок, но очевидно, что формы и размеры поддержки должны обосновать сами транспортные ведомства вместе с регионами.

Широкое внедрение в практику речного флота судов на воздушной подушке, по существу, означает создание на речном транспорте новой подотрасли. Подобное уже имело место в СССР в 50–60-е годы XX века, когда создавались суда на подводных крыльях (СПК). Их инновационная сущность заключалась в высокой скорости, в три раза превышающей скорость водоизмещающих судов. Тогда государство профинансировало НИОКР в области строительства серийных судов различных модификаций.

Выполненные нами расчеты показывают: при круглогодичной эксплуатации СВП типа «Марс-2000» пассажироместностью 20 мест (рисунок 1) в Ханты-Мансийском автономном округе на линии протяженностью до 100 км при среднем значении показателя населенности на одно пассажирское место 0,7–0,8 пас./пас. Место, эксплуатация СВП окажется рентабельной. При этом цена билета на СВП будет в три раза ниже оплаты полета на вертолете на этом же маршруте, а время в пути – соответственно 2–2,5 ч и 40–50 мин. Пассажиры вправе сами выбирать, что экономить – время или деньги.



Рисунок 1 – Судно на воздушной подушке «Марс-2000»

Подобные условия имеют место в восточных регионах, особенно при доставке пассажиров от железнодорожных станций примыкания к водным путям. Там же имеется огромная потребность в организации надёжных и безопасных переправ. На всем протяжении реки Обь – от Новосибирска до Салехарда – есть только один мост (в Сургуте), на Енисее от Красноярска до устья и на Лене от Усть-Кута нет ни одного моста. А населенные пункты практически равномерно расположены по обоим берегам. Сообщение между берегами летом осуществляется на лодках, паромках или переправах, сформированных из толкача и баржи-площадки, не имеющих элементарных удобств и не гарантирующих безопасность поездки, зимой – автотранспортом по зимникам. В весеннее и осеннее межсезонье на 1–1,5 месяца постоянная связь между населенными пунктами правого и левого берега прекращается, а в экстренных случаях арендуется вертолет.

На Волге – от Астрахани до Рыбинска – автомобильные переходы расположены в среднем на расстоянии 176 км, а зимники не всегда можно организовать даже в северных областях Поволжья. СВП решат проблему круглогодичных переправ на всех магистральных и боковых реках.

Выше мы отмечали, что судоходные компании не имеют средств для приобретения СВП, именно по этой причине не наблюдается их массового внедрения на регулярно функционирующих пассажирских линиях. Но есть и другие причины. Прежде всего – обычные в подобной ситуации трудности становления новой

подотрасли (болезнь роста): технические недоработки и слабая надежность отдельных узлов; сложности ремонта или замены баллонов в полевых условиях; отсутствие багажных отсеков (что очень важно для пассажиров-северян); не организована подготовка профессиональных водителей для СВП; пока не выполнены серьезные исследования экономических аспектов эксплуатации СВП в круглогодичном режиме (себестоимость перевозок, тарифы, дотации). Есть и другие проблемы, но все они вполне разрешимы при совместном усилии конструкторов, ученых и эксплуатационников.

Авторы полагают, что и в Республике Беларусь, имеющей обширную сеть внутренних водных путей с малыми габаритами судового хода, суда на воздушной подушке будут востребованы для удовлетворения потребности населения в пассажирских перевозках, прежде всего в сфере обеспечения туризма, а при успешной реализации процедур государственно-частного партнерства – и в социальной сфере.

Список литературы

- 1 Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена Правительством РФ 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
- 2 О проблемах социально-значимых пассажирских перевозок на речном транспорте / А. Б. Корнев [и др.] // Современные производственные силы. – 2014. – № 2. – С. 51–58.
- 3 Кузьмичев, И. К. Суда на воздушной подушке – путь решения проблемы пассажирских перевозок в регионах с ограниченно развитой сетью наземного транспорта. / И. К. Кузьмичев, А. Г. Малышкин // Транспорт Урала. – 2015. – № 2. – С. 53–58.

Получено 10.10.2016.

I. K. Kuzmichev, A. G. Malyshkin. Hovercraft – an innovative river vehicles.

The characteristic of hovercraft, the possibility of their use for social passenger services in navigation and winter. Signs of the implementation of innovative procedures in the application of hovercraft for passenger water transport. Characterized hovercraft, widely spread on the territory of the Russian Federation in the moment, and designated areas of their effective application.

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

УДК 656.2.08

К. А. БОЧКОВ, доктор технических наук, П. М. БУЙ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; О. А. ЧЕКАНОВА, инженер ГФ РУП «БЕЛТЕЛЕКОМ», г. Гомель

**КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ ОБЪЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Рассмотрен особый подход к микропроцессорным системам обеспечения безопасности движения поездов как систем управления нижнего уровня. Дано понятие критически важного объекта информатизации. Проанализированы критерии отнесения объектов информатизации к критически важным на примере микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов. Указаны возможные последствия нарушения информационной и функциональной безопасности микропроцессорных систем управления на транспорте на примере известных фактов крушений подвижного состава.

В железнодорожный комплекс имеет особое стратегическое значение для Республики Беларусь. Он является связующим звеном единой экономической системы, обеспечивает стабильную деятельность промышленных предприятий, своевременный подвоз жизненно важных грузов, а также является самым доступным транспортом для граждан республики. Следовательно, Белорусская железная дорога должна обеспечить потребности государства, юридических и физических лиц в железнодорожных перевозках, работах и услугах, оказываемых железнодорожным транспортом, а также извлечь из этого прибыль.

Анализ инцидентов в сфере информационной безопасности за последние годы, публикуемый в открытом доступе [1], наглядно показывает динамику увеличения их количества. Кроме того, всё больший интерес в качестве объектов кибератак вызывают у нарушителей ранее труднодоступные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), к которым относятся микропроцессорные системы обеспечения безопасности движения поездов и, в особенности, использующие современные информационные технологии и программное обеспечение (ПО). Для обеспечения большей эффективности функционирования Белорусской железной дороги в его информационное пространство как раз и внедряются передовые информационные технологии.

В связи с возрастающей ролью информатизации в перевозочном процессе и интеграции систем и средств управления объектами железнодорожного транспорта в единое информационное пространство – киберпространство – возникают новые угрозы, легко переходящие в кибератаки при недостаточной защищенности АСУ ТП. Одной из самых опасных и при этом достаточно просто реализуемой кибератак является распределенная атака против доступности системы управления, при которой она перестает обрабатывать управляющие воздействия из-за перегрузки (DDoS-атака). В настоящее время существуют риски реализации угроз кибербезопасности, последствиями которых могут стать нарушение функционирования АСУ ТП в целом и микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов в частности.

Высокая степень ответственности функций, выполняемых микропроцессорными системами обеспечения безопасности движения поездов, требует особого подхода к выполнению требований по безопасности функционирования железнодорожного подвижного состава и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. В соответствии с техническими регламентами Таможенного союза [2–4] для железнодорожного подвижного состава и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта должны быть предусмотрены программные средства, обеспечивающие безопасность их функционирования. Программные средства железнодорожного подвижного состава, как встраиваемые, так и поставляемые на материальных носителях, должны обеспечивать защищенность от компьютерных вирусов, несанкционированного доступа, последствий отказов, ошибок и сбоев при хранении, вводе, обработке и выводе информации, возможности случайных изменений информации.

Особенности применения ПО микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов и связанные с этим риски определяют необходимость расширения и комплексного подхода к оценке их соответствия требованиям не только информационной, но и обязательно функциональной безопасности.

Функциональная безопасность – это совокупность таких условий функционирования системы управления, при которых предотвращаются или минимизируются последствия от внешних или внутренних деструктивных информационных воздействий, приводящих к нарушению процесса штатного функционирования системы.

Именно нарушение функциональной безопасности становится более опасным для микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов как систем управления нижнего уровня. Информационная безопасность, безусловно, тоже важна, но при отсутствии у объекта информатизации информации, предоставление которой должно быть ограничено, мероприятия по обеспечению информационной безопасности фактически сводятся к функциям разграничения доступа к объекту информатизации и контроля выполняемых пользователем операций на этом объекте. Все эти меро-

приятия важны при обеспечении функциональной безопасности.

Ошибки и не декларированные возможности ПО микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов, нарушают в первую очередь как раз функциональную безопасность. Однако существующие нормативные документы касаются защиты информации с точки зрения целостности, доступности, конфиденциальности, но полностью понятия функциональной безопасности не раскрывают. Поэтому необходимы такие нормативные документы, которые будут оперировать понятием «функциональная безопасность» применительно к объектам информатизации железнодорожного транспорта для обеспечения их полноценной защиты. Для работы в данном направлении необходимо создать специализированную лабораторию, объединяющую специалистов в областях микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов и защиты информации.

Объект информатизации согласно [5] – это средства электронной вычислительной техники (автоматизированные системы различного уровня и назначения, вычислительные сети и центры, автономные стационарные и персональные электронные вычислительные машины, а также копировально-множительные средства, в которых для обработки информации применяются цифровые методы) вместе с ПО, используемые для обработки информации.

Влиянию кибератак в настоящее время подвержены все объекты информатизации и, к сожалению, интенсивность, а также практическое разнообразие таких атак растет и развивается из года в год. В связи с этим в Республике Беларусь была выделена особая категория объектов информатизации – критически важные объекты информатизации (КВОИ).

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 25.10.2011 г. № 486 «О некоторых мерах по обеспечению безопасности критически важных объектов информатизации» [6] критически важный объект информатизации – это объект информатизации, который:

- обеспечивает функционирование экологически опасных и (или) социально значимых производств и (или) технологических процессов, нарушение штатного режима которых может привести к чрезвычайной ситуации техногенного характера;

- осуществляет функции информационной системы, нарушение (прекращение) функционирования которой может привести к значительным негативным последствиям для национальной безопасности в политической, экономической, социальной, информационной, экологической, иных сферах;

- обеспечивает предоставление значительного объема информационных услуг, частичное или полное прекращение оказания которых может привести к значительным негативным последствиям для национальной безопасности в политической, экономической, социальной, информационной, экологической, иных сферах.

Впервые КВОИ упоминается в Указе Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 г. № 575 «Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь» [7]. В Концепции национальной безопасности Республики Беларусь относительно КВОИ сказано следующее:

- 1) одним из основных национальных интересов в информационной сфере является обеспечение надежности и устойчивости функционирования критически важных объектов информатизации (Глава 2. Национальные интересы);

- 2) одной из основных потенциальных либо реально существующих угроз национальной безопасности является: нарушение функционирования критически важных объектов информатизации (Глава 4. Основные угрозы национальной безопасности);

- 3) в информационной сфере одним из внутренних источников угроз национальной безопасности является несовершенство системы обеспечения безопасности критически важных объектов информатизации (Глава 5. Внутренние источники угроз национальной безопасности).

Окончательно порядок отнесения объектов информатизации к КВОИ, вопросы их технической и криптографической защиты, а также контроля определены следующими правовыми документами:

- Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 20 декабря 2011 г., № 96 «О некоторых мерах по реализации указа Президента Республики Беларусь от 25 октября 2011 г. № 486» [8];

- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 марта 2012 г. № 293 «О некоторых вопросах безопасной эксплуатации и надежного функционирования критически важных объектов информатизации» [9];

- Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 30 апреля 2012 г., № 42 «Об утверждении инструкции о порядке проведения внешнего контроля критически важных объектов информатизации» [10];

- Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 30 августа 2013 г., № 62 «О некоторых вопросах технической и криптографической защиты информации» [11].

В Российской Федерации аналогом КВОИ выступают ключевые системы информационной инфраструктуры (КСИИ), описанные руководящими документами Федеральной службой по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) с грифом ДСП.

КСИИ – это информационно-управляющая или информационно-телекоммуникационная система, которая осуществляет управление критически важным объектом (процессом), или информационное обеспечение управления таким объектом (процессом), или официальное информирование граждан, в результате деструктивных информационных воздействий на которую может сложиться чрезвычайная ситуация либо будут нарушены выполняемые системой функции управления со значительными негативными последствиями.

В ОАО «РЖД» микропроцессорные системы обеспечения безопасности движения поездов отнесены к КСИИ.

Перед руководством любой государственной организации или крупной частной компании актуальным становится вопрос об отнесении своих объектов информатизации к КВОИ и выполнение соответствующих этому статусу мероприятий по защите информации.

При отнесении объекта информатизации к КВОИ, необходимо охарактеризовать его по четырем критериям [9]:

1) критерий экологической опасности производства, функционирование которого обеспечивается объектом информатизации;

2) критерий социальной значимости производства, функционирование которого обеспечивается объектом информатизации;

3) критерий важности объекта информатизации, осуществляющего функции информационной системы;

4) критерий важности объекта информатизации, обеспечивающего предоставление значительного объема информационных услуг.

Соответствие микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов отраслевым критериям отнесения объектов информатизации к КВОИ приведено в таблице 1. Так как исследуемые микропроцессорные системы управления являются системами управления нижнего уровня при обеспечении безопасности движения поездов, то говорить об их важности с точки зрения информационной системы или при предоставлении информационных услуг не приходится. Однако первые два из перечисленных критериев нельзя оставить без внимания при анализе возможных последствий при нарушении функционирования микропроцессорной системы обеспечения безопасности движения поездов.

Таблица 1 – Соответствие микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов отраслевым критериям отнесения объектов информатизации к КВОИ

Отраслевые критерии отнесения объектов информатизации к КВОИ	Соответствие микропроцессорных систем обеспечения безопасности движения поездов отраслевым критериям отнесения объектов информатизации к КВОИ
Критерий экологической опасности производства, функционирование которого обеспечивается объектом информатизации	Соответствует
Критерий социальной значимости производства, функционирование которого обеспечивается объектом информатизации	Соответствует
Критерий важности объекта информатизации, осуществляющего функции информационной системы	Не соответствует
Критерий важности объекта информатизации, обеспечивающего предоставление значительного объема информационных услуг	Не соответствует

В качестве грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, могут быть как взрывоопасные смеси и жидкости, так и ядовитые вещества, которые при крушении поезда могут привести к существенным негативным экологическим последствиям.

Транспорт в целом имеет большую социальную значимость, а железнодорожный транспорт играет не последнюю роль в процессах грузо- и пассажироперевозок в нашей стране. Существенные задержки в исполнении графика движения поездов могут привести к падению престижа Белорусской железной дороги и неудовлетворенности граждан в качестве предоставляемых ей услуг.

Для иллюстрации значимости качественного функционирования систем обеспечения безопасности движения поездов рассмотрим несколько техногенных катастроф, непосредственно связанных с железнодорожным транспортом. Во всех приведенных ниже примерах причиной крушений были отказы или нештатная работа (по вине человека) систем, обеспечивающих безопасность движения поездов.

1 Крушение пассажирского поезда «Аврора» на перегоне Березайка – Поплавенец 16 августа 1988 г. В результате схода с рельсов всех вагонов поезда 31 человек погиб, более 100 пострадали, движение на участке было остановлено более чем на 15 ч.

2 Крушение пассажирского поезда «Юрмала» 3 марта 1992 г. на разъезде Подсосенка участка Великие Луки – Ржев Октябрьской железной дороги. Пассажирский поезд столкнулся со встречным грузовым составом. В результате столкновения поездов 43 человека погибли, 108 получили травмы. Допущен перерыв движения поездов на участке 15 ч 30 мин.

3 25 апреля 2005 г. в Японии скоростной поезд отстал от графика, поэтому машинист решил рискнуть и превысил скорость до 116 км/ч на опасном повороте, где максимально разрешенной скоростью было 70 км/ч. В результате поезд сошел с рельс и врезался в здание паркинга недалеко от станции Амагасаки. Два первых вагона от удара были буквально расплюснуты, остальные тоже оказались сильно поврежденными. В поезде находилось около 700 человек, из них 107 погибли, 562 получили ранения.

4 Крушение поезда в Сантьяго-де-Компостела 24 июля 2013 г. Высокоскоростной поезд Alvia подъезжал к станции Сантьяго-де-Компостела, когда все 8 вагонов поезда сошли с рельсов и перевернулись. Причиной катастрофы стало более чем двукратное превышение скорости состава при прохождении кривого участка пути. 79 человек погибли и около 140 получили ранения.

Подобные техногенные катастрофы следует рассматривать с учетом примерного перечня показателей уровня ущерба национальным интересам Республики Беларусь в политической, экономической, социальной, информационной, экологической и иных сферах в случае возникновения угроз различного характера в отношении объекта информатизации (его составляющих элементов), который представлен в источнике [9]. Хотя достаточно сложно предсказать возможное количество жертв или величину материального ущерба, нанесенного отрасли и государству в целом, при крушении вследствие нарушения функциональной и (или) информационной безопасности микропроцессорной системы обеспечения безопасности движения поездов в результате успешной реализации кибератаки, однако уровень ущерба будет по классификации [9] катастрофическим. К системам, которые могут стать объектами кибератак, относятся такие микропроцессорные системы, как микропроцессорная централизация (МПЦ), автоблокировка (АБ), полуавтоматическая блокировка (ПАБ), переездная сигнализация, комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ), безопасный локомотивный объединенный комплекс (БЛОК) и т. п. Все они связаны с обеспечением безопасности движения поездов. Необходимо однозначно поднимать вопрос об отнесении таких систем к критически важным объектам информатизации.

Список литературы

1 Kaspersky security bulletin 2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://securelist.ru/files/2015/12/Kaspersky-Security-Bulletin-2015_FINAL_RUS.pdf. – Дата доступа: 29.06.2016.

2 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава».

3 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта».

4 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта».

5 СТБ 34.101.30-2007 Информационные технологии. Методы и средства безопасности. Объекты информатизации. Классификация.

6 Указ Президента Республики Беларусь № 486 «О некоторых мерах по обеспечению безопасности критически важных объектов информатизации» от 25 октября 2011 г.

7 Указ Президента Республики Беларусь № 575 «Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь» от 9 ноября 2010 г.

8 Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 20 декабря 2011 г. № 96 «О некоторых мерах по реализации указа Президента Республики Беларусь от 25 октября 2011 г. № 486».

9 Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 марта 2012 г. № 293 «О некоторых вопросах безопасной эксплуатации и надежного функционирования критически важных объектов информатизации».

10 Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 30 апреля 2012 г. № 42 «Об утверждении инструкции о порядке проведения внешнего контроля критически важных объектов информатизации».

11 Приказ Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 30 августа 2013 г. № 62 «О некоторых вопросах технической и криптографической защиты информации».

Получено 31.10.2016

К. А. Bochkov, P. M. Bui, O. A. Chekanova. Critical facilities informatization of the railways.

Considered a special approach to the security of the microprocessor systems of ensuring of the trains' safety as a low-level control systems. The notion of critical informatization object are given. The criteria for assignment of information objects to critical on the example of microprocessor systems of ensuring of the trains' safety are analyzed. The possible consequences of a breach of information's and functional safety of microprocessor systems of management on transport are given with the example of the known facts derailments of rolling stock.

УДК 004.94

Н. В. РЯЗАНЦЕВА кандидат физико-математических наук, К. Ф. ИЗМАЙЛОВ магистр технических наук, А. А. ГУЛЕВИЧ магистр техники и технологии, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ NFC

Предложена система контроля обслуживания объектов для малых предприятий с использованием технологий NFC, GPS, защищенной передачи данных по протоколу TLS на базе платформы Android. Разработаны клиентское приложение на Android, база данных и серверное приложение для Windows, API для обмена данными между клиентом и сервером.

В современных условиях одним из самых распространенных видов автоматизации стало ведение различной документации и отчетности в электронном виде, а также контроль за работой сотрудников при помощи современных технических и программных средств.

Такой контроль помогает не только правильно скоординировать действия работника, но и рационально использовать время и корректно оценить оплату труда. Однако далеко не все предприятия переходят на системы контроля и учета рабочего времени сотрудников из-за своих специфических особенностей, либо переходят на такие системы частично, так как нередко встает вопрос о том, как контролировать работников, которым для выполнения своих обязанностей необходимо посещать большое число удаленных объектов. Современные технологии дают возможность контролировать перемещения рабочего персонала на расстоянии, но зачастую системы, позволяющие осуществлять такого рода контроль, нерентабельны для небольших предприятий. Также возникают проблемы с контролем работников, профессии которых связаны с обслуживанием устройств (ремонт, настройкой, проверкой, уборкой), так как для таких работников недостаточно контролировать их перемещения, необходимо удостовериться в том, что было произведено обслуживание.

Целью данной статьи является разработка системы контроля обслуживания объектов с использованием технологии NFC. Такая система позволит автоматизировать процесс контроля, представить данные в цифровом виде и упростить работу персонала.

Например, предприятие, работающее с пожарной и охранной сигнализацией, выполняет не только установку систем, но и производит обслуживание установленных устройств. Обслуживание устройств включает в себя как устранение неполадок в системе, так и ежемесячный контроль за состоянием объектов. Существует регламент, по которому производится обслуживание устройств. Контроль обслуживания объектов ведется в бумажном виде, то есть существует специальный журнал учета обслуживания. Вне зависимости от того, произошло плановое обслуживание устройств или внеплановое, обслуживающий персонал по прибытии на предприятие заносит запись в журнал учета. Такой процесс имеет некоторые недостатки, например, нет возможности контролировать, действительно ли побывал обслуживающий персонал на объекте, в какое время это было

и не забыли ли по прибытии на предприятие внести запись в журнал. Также существуют сложности, связанные с просмотром статистики, отчетностью перед заказчиком (начальником объекта, на котором установлена система пожарной и/или охранной сигнализации), ведение журнала учета в бумажном виде приводит к нерациональному использованию времени работников. Автоматизация этого процесса позволит повысить качество обслуживания объектов и уменьшить объем необходимой отчетности.

Разработанная система контроля обслуживания объекта функционирует следующим образом. На все устройства, которые установлены и находятся на сервисном обслуживании предприятия, работающего с системами пожарной и охранной сигнализации, прикреплены специальные метки (в виде наклеек). Каждая метка хранит зашифрованную информацию о местоположении и названии объекта, на котором расположена. Когда обслуживающий персонал приезжает для выполнения работы по техническому обслуживанию объекта, перед тем, как выполнить работы, описанные в регламенте, при помощи устройства со специальным чипом работник считывает информацию с метки. Данные, считанные с метки, передаются устройством на сервер предприятия. Попадая на сервер, данные дешифруются и записываются в базу данных. При этом появляется возможность просмотреть данные в виде, адаптированном для пользователя. В результате, успешно пройдя авторизацию в системе, пользователь (заказчик, контролер) может просмотреть интересующую его информацию.

Одной из главных составляющей системы контроля обслуживания объектов с использованием технологии NFC являются RFID-метки, которые устанавливаются на объекты, подлежащие обслуживанию.

Радиочастотная идентификация (*RFID – radio frequency identification*) – это технология, используя которую, информация, необходимая для уникальной идентификации конкретного объекта, дистанционно записывается или считывается с наклеенной или встроенной в объект метки, с помощью радиоволн. Любая RFID-система состоит из считывающего устройства и RFID-метки.

Информация с RFID-меток считывается при помощи устройства, поддерживающего технологию NFC.

NFC (*Near Field Communication*) переводится на русский язык как коммуникация ближнего поля и пред-

ставляет собой технологию беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии не более 10 сантиметров, либо при непосредственном прикосновении устройств друг к другу. Эта технология – простое расширение стандарта бесконтактных карт, которая объединяет интерфейс смарт-карты и считывателя в одно устройство. Устройство NFC может поддерживать связь с существующими смарт-картами и другими устройствами NFC. Эта технология нацелена, прежде всего, на использование в мобильных телефонах и планшетах и обладает широкими функциональными возможностями по сравнению с RFID.

В качестве устройства со специальным чипом для считывания данных с меток в системе контроля обслуживания объектов используется мобильный телефон на базе операционной системы Android, поддерживающий технологию NFC. Такой телефон имеет все необходимые функции.

Данные о местоположении объекта, дате и времени считывания метки должны быть переданы на сервер, записаны в базу данных для последующей обработки и автоматизированного ведения учета. Так как в качестве устройства, для считывания данных с меток и передачи этих данных на сервер, выбран мобильный телефон, то передача информации осуществляется технологией мобильной связи GSM.

GSM (от названия группы Group Special Mobile) – это глобальный стандарт цифровой мобильной связи, с разделением каналов по времени и частоте. GSM обеспечивает поддержку услуги передачи данных синхронным и асинхронным способом, а также пакетную передачу данных – GPRS. Услуги передачи данных не гарантируют совместимость терминальных устройств и обеспечивают передачу информации от них и к ним. На сегодняшний день GSM является наиболее распространенным стандартом связи.

Производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе Интернет, позволяет GPRS.

GPRS (*General Packet Radio Service*) – пакетная радиосвязь общего пользования, которая является надстройкой над технологией мобильной связи GSM. При использовании GPRS информация собирается в пакеты и передается через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы. Устройству, подключенному к GPRS, предоставляется виртуальный канал, который на время передачи пакета становится реальным, а в остальное время используется для передачи пакетов других пользователей. Такая технология предполагает более эффективное использование ресурсов сети GSM.

Передача данных на сервер осуществляется на прикладном уровне сетевого соединения. При разработке системы контроля обслуживания объектов с использованием технологии NFC было принято решение использовать протокол передачи гипертекста HTTPS. HTTPS является расширением протокола HTTP с использованием шифрования. Основой HTTP является технология «клиент-сервер», то есть предполагается существование потребителей (клиентов), которые инициируют соединения и посылают запрос, и поставщиков (серверов), которые ожидают соединения для получения запроса,

производят необходимые действия и возвращают обратно сообщения с результатом. HTTPS обеспечивает защиту от атак, основанных на прослушивании сетевого соединения.

Кроме непосредственно носимого устройства и ток в системе необходимо наличие серверной части, которая отвечает за учет и обработку данных, полученных с устройства.

Для системы разработана база данных (БД), в которой хранится информация о существующих метках, месте нахождения конкретной метки, о том, кому принадлежит, когда она обслуживалась и кем. БД представляет собой набор таблиц, которые содержат информацию, необходимую для построения журнала отчета и аутентификации.

Аутентификация – это процедура организации доступа, например, проверка подлинности пользователя путём сравнения введенного им пароля с паролем в БД пользователей; подтверждение подлинности электронного письма путём проверки цифровой подписи письма по ключу проверки подписи отправителя; проверка контрольной суммы файла на соответствие сумме, заявленной автором этого файла. Учитывая степень доверия и политику безопасности систем, проводимая проверка подлинности может быть односторонней или взаимной. Обычно она проводится с помощью криптографических способов.

В разработанной системе контроля обслуживания объектов с использованием технологии NFC аутентификация применяется для входа пользователя на страницу просмотра журнала отчета и позволяет разделять права пользователей к доступу информации.

На основании переданных на сервер данных формируется отчет, который вышестоящий над обслуживающим персоналом работник, либо заказчик, может просмотреть и таким образом проконтролировать обслуживание объекта.

Для обеспечения взаимодействия клиента с сервером необходимо, чтобы сервер правильно и точно обрабатывал информацию, полученную от клиента. То есть необходимо предусмотреть набор методов и интерфейсов для обеспечения синхронизации данных.

Взаимодействие мобильного приложения и сервера необходимо для передачи считанных данных на сервер. Для организации передачи информации от телефона к серверу разработан API (*Application Programming Interface*). Это набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) для использования во внешних программных продуктах. API определяет функциональность, которую предоставляет программа (модуль, библиотека), и при этом позволяет абстрагироваться от того, как именно эта функциональность реализована.

Понятие интерфейс программирования приложений близко по смыслу к понятию протокола. И то, и другое является абстракцией функциональности, только протокол предназначен для передачи данных, а API – для взаимодействия приложений. Программные компоненты взаимодействуют друг с другом посредством API, при этом образуя иерархию – высокоуровневые компоненты используют API низкоуровневых компонентов, а те, в свою очередь, используют API еще более низкоуровневых компонентов.

Так как серверная часть разработана как web-приложение, то для связи приложения на телефоне и самой серверной части использован Web-API. Такой интерфейс используется в web-разработках и представляет собой, определенный набор HTTP-запросов, а также определение структуры HTTP-ответов, для выражения которых используются форматы XML или JSON.

Использование взаимодействия приложений в разработанной системе невозможно без использования мобильного интернета. Так как используется система Android, то в виду ее особенностей, проблем это не вызывает.

В таблице 1 приведены некоторые функции и методы API, используемые в системе контроля обслуживания объектов.

Таблица 1 – Функции API

Название	Формат	Описание
<i>toJson()</i>	<i>JSON.toJson(p1,p2)</i> , где <i>p1</i> – класс ключей; <i>p2</i> – класс значений	Создание объекта <i>JSON</i> (метод <i>JavaScript</i>).
<i>AsyncHttpClient()</i>	<i>a = new AsyncHttpClient()</i>	Позволяет сделать асинхронный запрос от мобильного приложения к серверу (метод библиотеки <i>Android Asynchronous Http Client</i>)
<i>AsyncHttpReponce Handler()</i>	<i>b = new AsyncHttpReponce Handler()</i> Передается в запросе <i>POST</i> после <i>URL</i> -сервера, параметров и объекта <i>JSON</i>	Перехватывает и обрабатывает ответы на запросы, которые предназначены для анонимного переопределения и синхронизации с собственным кодом обработки ответов (метод библиотеки <i>Android Asynchronous Http Client</i>)
<i>json_decode()</i>	<i>json_decode(array)</i> , где <i>array</i> – массив, который содержит отправленные мобильным приложением параметры (представление объекта <i>JSON</i>)	Парсинг объекта <i>JSON</i> – это синтаксический анализ данных, который автоматически производится парсером – специальной программой или скриптом
<i>connecttoDB()</i>	<i>connecttoDB()</i>	Функция для подключения к базе данных сервера
<i>insertDB()</i>	<i>insertDB(\$con, \$data)</i> , где <i>\$con</i> – массив, который хранит данные о том, подключена или нет база данных, есть ли к ней доступ; <i>\$data</i> – массив, который содержит декодированные данные из объекта <i>JSON</i>	Функция для записи полученных данных от мобильного приложения в базу данных сервера

Система контроля обслуживания объектов с использованием технологии NFC позволяет автоматизировать процесс контроля, представить данные в цифровом виде и просматривать необходимую информацию не только работнику, вышестоящему над обслуживающим персоналом, но и заказчику, а также экономит время рабочих и избавляет их от ведения журнала учета вручную.

Система может быть настроена для конкретного предприятия, учитывая его особенности. Стоимость такой системы гораздо ниже аналогичных систем учета времени. Применение такой системы весьма актуально на небольших предприятиях, оказывающих услуги по обслуживанию объектов.

Список литературы

- 1 GPRS // Википедия Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/GPRS>. – Дата доступа: 05.03.2014.
- 2 GSM // Википедия Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/GSM>. – Дата доступа: 05.03.2014.

- 3 HTTP // Википедия Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/HTTP>. – Дата доступа: 07.03.2014.

- 4 HTTPS // Википедия Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/HTTPS>. – Дата доступа: 07.03.2014.

- 5 Near Field Communication // Википедия Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Near Field Communication](http://ru.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication). – Дата доступа: 12.02.2014.

- 6 RFID // Википедия Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RFID>. – Дата доступа: 13.02.2014.

- 7 Задачи учета рабочего времени сотрудников // CrocoTime [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://crocotime.com/ru/task_of_working_hours. – Дата доступа: 15.04.2014.

- 8 Контор, И. Современный учебник Java Script / И. Контор [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://learn.javascript.ru>. – Дата доступа: 12.05.2014.

Получено 10.10.2016.

N. V. Riazantceva, K. F. Izmaylov, A. A. Gulevich. System for monitoring quality of service based on NFC.

This article describes system for monitoring quality of service for small companies. This system based on NFC, GPS, TLS technologies. During this work was developed front-end application for Android, back-end for Windows and API.

УДК 681.5

В. Н. ГАЛУШКО, кандидат технических наук, А. В. ДРОБОВ, магистр технических наук, С. И. БАХУР, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; А. И. ГОРБАЧ, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ

В статье рассмотрен программно-технологический инструментарий повышения энергоэффективности электрооборудования, позволяющий обоснованно принимать решения по обеспечению требуемой надежности и безопасности электроснабжения потребителей.

Особенность электроснабжения современного железнодорожного комплекса с тяговыми подстанциями заключается в том, что потребление электроэнергии имеет резкопеременный характер нагрузки. Резкие колебания нагрузки с большой индуктивной составляющей негативно сказываются на качестве электроэнергии для потребителей, подключённых к шинам подстанции железнодорожного предприятия. Изменения нагрузки вызывают глубокие провалы напряжения и мерцания освещённости, которые не удовлетворяют требованиям ГОСТ по качеству электроэнергии, делая подключение невозможным без ряда специальных устройств, сглаживающих колебания питающего напряжения. Учитывая отмеченную актуальность, целью исследования является разработка рекомендаций по повышению надежности электроснабжения и качества электроэнергии для железнодорожной отрасли.

Для реализации поставленных целей, разработан программно-технологический инструментарий (ПТИ), реализация которого основывается на моделях надежности [1], электрических расчетах и анализе технических мероприятий.

Перечислим основные задачи, решаемые с помощью ПТИ:

- рассчитывать и прогнозировать надежность электрооборудования; оценивать величину необходимого резерва и сроки службы электрооборудования с учетом влияния различных факторов;
- принимать решения по результатам расчетов с целью повышения энергоэффективности предприятий на основании разработанных форм, внедренных в практику энергоаудитов;
- автоматизировать процессы выбора защитной аппаратуры, расчет потерь мощности и электроэнергии в элементах системы электроснабжения, выбор сечения проводов или жил кабеля, определения мощности электродвигателей для различных режимов работы привода, расчета трансформаторов, асинхронных двигателей и машин постоянного тока для ускорения расчета и устранения ошибок исследователя.

Перечислим основные положения, используемые при разработке приложения ПТИ, позволяющего рассчитывать системы электроснабжения. Современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять следующим *основным требова-*

ниям: экономичности; надежности; безопасности; удобству эксплуатации; обеспечению надлежащего качества электроэнергии; необходимой гибкости, обеспечивающей возможность расширения при развитии предприятия.

Важные *дополнительные требования* к системам электроснабжения предъявляют электроприемники: с резкопеременной циклически повторяющейся ударной нагрузкой; непрерывного производства, требующие бесперебойности питания при всех режимах системы электроснабжения.

При реконструкции и проектировании системы электроснабжения учитывают многочисленные факторы, к числу которых относятся: потребляемая мощность; категория надежности питания отдельных потребителей электроэнергии; графики нагрузок крупных потребителей; характер нагрузок; размещение электрических нагрузок на генеральном плане предприятия; число и мощность подстанций и других пунктов потребления электроэнергии; напряжение потребителей и другие факторы.

Одной из самых главных проблем в промышленной энергетике является энергосбережение, которое напрямую зависит от потерь электроэнергии во всех звеньях системы электроснабжения и в самих электроприемниках. Основными путями снижения потерь электроэнергии в промышленности являются следующие:

- 1) рациональное построение системы электроснабжения при ее реконструкции и проектировании, включающее в себя применение рациональных напряжений, числа и мощности силовых трансформаторов, общего числа трансформаций, места размещения подстанций, схемы электроснабжения, компенсации реактивной мощности и др.;
- 2) снижение потерь электроэнергии в действующих системах электроснабжения, включающее в себя управление режимами электропотребления, регулирование напряжения, ограничение холостого хода электроприемников, модернизацию существующего и применение нового, более экономичного и надежного технологического и электрического оборудования, применение экономически целесообразного режима работы силовых трансформаторов, замену асинхронных двигателей (АД) на синхронные (СД), где это возможно, автоматическое управление освещением в течение суток, повышение качества электроэнергии и др.;

3) нормирование электропотребления, разработка научно обоснованных норм удельных расходов электроэнергии на единицу продукции; нормирование электропотребления предполагает наличие на предприятиях надежных систем учета и контроля расхода электроэнергии;

4) организационно-технические мероприятия, которые разрабатываются конкретно на каждом предприятии с учетом его специфики.

На рисунке 1 приведен внешний вид web-приложения программы электрических расчетов и про-

грамма расчета систем электроснабжения. Одним из преимуществ реализации расчета с помощью web-приложения является тот факт, что клиенты не зависят от конкретной операционной системы пользователя, а также удовлетворяются требования надежности данных (полный доступ к базе данных защищен паролем), контролируется правильность и непротиворечивость данных, вводимых пользователем. Ниже приведено описание и обзор основных возможностей реализованных программ.



Рисунок 1 – Пример реализации web-приложения электрических расчетов

Используемые технологии и средства при реализации web-приложения.

1 Фреймворк ASP.NET MVC – универсальная технология, которая позволяет использовать себя как для небольших проектов, так и для крупных высоконагруженных систем.

ASP.NET MVC, реализуя шаблон MVC, облегчает управление сложными структурами путем разделения приложения на модель, представление и контроллер. Платформа ASP.NET MVC предоставляет следующие возможности:

- разделение задач приложения (логика ввода, бизнес-логика и логика пользовательского интерфейса). Все основные контракты платформы MVC основаны на интерфейсе и подлежат тестированию с помощью макетов объекта, которые имитируют поведение реальных объектов приложения;

- расширяемая и дополняемая платформа. Разработчик может подключать собственный механизм представлений, изменять политику маршрутизации URL-адресов, сериализацию параметров методов действий и другие компоненты;

- расширенная поддержка маршрутизации ASP.NET.

2 Шаблон MVC – это конструктивный шаблон, который описывает способ построения структуры приложения, сферы ответственности и взаимодействие частей в данной структуре.

3 Средства создания интерфейса взаимодействия с пользователем. Razor – интеллектуальный обработчик программного кода динамических web-страниц на ASP.NET.

Одним из действенных путей уменьшения потерь электроэнергии является компенсация реактивной мощности (КРМ) потребителей с помощью местных источников реактивной мощности. Причем весьма важное значение имеет правильный выбор типа, мощ-

ности, местоположения и способа автоматизации источников реактивной мощности.

С целью расширения возможностей ПТИ создан дополнительный элемент редактора, позволяющий оценить эффективность мероприятия по компенсации реактивной мощности, основные теоретические предпосылки которого описываются ниже.

Снизить потребление реактивной мощности, то есть уменьшить потери активной мощности, можно без применения и с применением компенсирующих устройств.

Качество электроэнергии влияет не только на технологический процесс производства и производительность труда и механизмов, но и на потери электроэнергии, надёжную работу релейной защиты и системной автоматики и т. п. Разные показатели качества электроэнергии различным образом влияют на надёжность работы электротехнических комплексов. С другой стороны, режимы работы потребителей, особенно потребителей с резкопеременным характером нагрузки, влияют на качество электроэнергии не только самого потребителя, но и близлежащего промышленного района.

В нормальном режиме работы системы электроснабжения потребители показатели качества электроэнергии (ПКЭ) не должны выходить за пределы допустимых значений, которые приведены в ГОСТ [2].

Крупные потребители с резкопеременным графиком нагрузки и большой составляющей реактивной мощности вызывают резкие колебания напряжения, что приводит к возникновению фликера, снижению мощности работы электродвигателей не только на самом предприятии, но и близлежащем промышленном районе, и снижают надёжность электроснабжения электротехнических комплексов. Таким образом, остро встает вопрос компенсации реактивной мощности у таких потребителей.

Реактивная мощность в электрических сетях вызывает дополнительные активные потери (на покрытие которых расходуется энергия на электростанциях) и потери напряжения (ухудшающие условия регулирования напряжения). Для устранения перегрузок и повышения коэффициента мощности электрических установок осуществляется компенсация реактивной мощности.

Компенсация может достигаться с помощью специализированных устройств – синхронных компенсаторов, которые представляют собой синхронные двигатели без нагрузки на валу, а также с использованием уже имеющихся двигателей в режиме перевозбуждения или путем перевода генераторов в режим синхронных компенсаторов. Таким приемом пользуются промышленные потребители, имеющие собственные блок-станции и синхронные двигатели.

Статические компенсаторы тоже бывают двух видов: продольные и поперечные. Продольная компенсация применяется для высоковольтных линий электропередач. Дело в том, что высоковольтные ЛЭП обладают собственным ёмкостным сопротивлением и генерируют реактивную мощность, основным негативным следствием которой являются не столько потери электроэнергии, сколько потери напряжения и, следовательно, снижение качества электроснабжения. Для предотвращения этих последствий в схему последовательно включают компенсирующее устройство, которое уменьшает реактивное сопротивление линии.

Но наиболее распространено использование статических компенсаторов, которые представляют собой батарею конденсаторов и включаются на шины подстанций. Такая компенсация применяется в различных узлах электрических сетей и для различных классов напряжения.

Решение задач, связанных с наличием в системе электропотребления реактивных нагрузок, идет по пути компенсации реактивной мощности. Это обусловлено проведением двух взаимно дополняющих групп мероприятий: снижение потребления реактивной мощности электроприемниками; установка непосредственно у потребителей и в узлах сетей специальных источников реактивной мощности – компенсирующих устройств.

На основании выше сказанного, можно сделать вывод о том, что в сетях со специфическими нагрузками (нелинейные, несимметричные и резкопеременные нагрузки) существуют определенные особенности компенсации реактивной мощности, которые заключаются в следующем:

1) из-за низкого коэффициента мощности потребителей и резкопеременного характера нагрузки необходимо осуществлять компенсацию как постоянной, так и переменной составляющей реактивной мощности. Компенсация постоянной составляющей реактивной мощности необходима для улучшения $\cos\varphi_2$ и для уменьшения отклонений напряжения в питающей сети. Компенсация переменной составляющей реактивной мощности преследует цель уменьшения колебания напряжения в питающей сети;

2) из-за быстрых изменений потребляемой реактивной мощности необходимо применение быстродействующих компенсирующих устройств, способных изменять регулируемую реактивную мощность со скоростью, соответствующей скорости наброса и сброса потребляемой реактивной мощности. Необходимое

быстродействие таких компенсирующих устройств можно ориентировочно определить как с 100–2000 Мвар/с;

3) из-за неравномерного потребления реактивной мощности по фазам необходимо и пофазное управление компенсирующими устройствами;

4) ограничивается применение батарей конденсаторов для компенсации постоянной составляющей реактивной мощности в сети с резкопеременной вентильной нагрузкой. Это обусловлено наличием в сети высших гармоник тока и напряжения при работе нелинейных нагрузок.

Высшие гармоники приводят к значительным перегрузкам батарей конденсаторов по току.

Основными техническими средствами компенсации реактивной мощности и улучшения спектров токов и напряжений на преобразовательных подстанциях являются: а) синхронные компенсаторы; б) тиристорные компенсаторы реактивной мощности; в) пассивные фильтрокомпенсирующие устройства; г) активные фильтры; д) параметрические источники тока; е) выпрямительные агрегаты с повышенными энергетическими показателями.

Особое внимание в настоящее время уделяется также совершенствованию схемных решений, методам расчёта и вопросам практического применения фильтрокомпенсирующих устройств.

Современными методами компенсации реактивной мощности у потребителей с резкопеременной нагрузкой является использование статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности, представляющих собой комбинированную электроустановку, содержащую одну или несколько тиристорно-реакторных групп, фильтрокомпенсирующих устройств, конденсаторные установки.

Анализ параметров надежности электрооборудования и электрических систем с помощью ПТИ.

Наиболее значительное влияние на надежность работы приемников электроэнергии и технологических установок оказывают такие ПКЭ, как отклонения, несимметрия и несинусоидальность напряжения. Основными факторами, вызывающими отклонения напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий, являются следующие: изменение режимов работы приемников электроэнергии (резкопеременный характер нагрузки); изменение режима работы источника питания; неравномерная загрузка различных фаз при подключении однофазных и ударных нагрузок к элементам системы электроснабжения.

Изменение напряжения на зажимах приемника электроэнергии даже в пределах, установленных ГОСТ, вызывает изменение его технико-экономических показателей. Кроме того, отклонения напряжения влияют на показатели питающей сети за счет изменения потерь мощности и электроэнергии.

Существенное влияние оказывают отклонения напряжения на надежность работы асинхронных двигателей (АД), которые являются наиболее распространенным промышленным приемником электроэнергии.

Для двигателей, работающих с полной нагрузкой, понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения. Если производительность механизмов зависит от частоты вращения двигателя, то на зажимах таких двигателей рекомендуется поддерживать напряжение не ниже $n_{ном}$.

Опыт эксплуатации показал, что при отжиге заготовок в печах сопротивления при незначительном снижении напряжения технологический процесс удлиняется, а при снижении напряжения на 10 % процесс отжига производить невозможно. У машин точечной сварки при отклонениях напряжения более $\pm 15\%$ получается 100%-ный брак продукции. На каждый процент понижения напряжения световой поток ламп накаливания уменьшается почти на 4 %, вызывая изменение освещенности.

Несимметрия напряжения отрицательно сказывается на режиме работы механизмов электропривода, уменьшая срок службы, и снижает надежность электродвигателей. Так, несимметрия напряжения в 1 % вызывает значительную несимметрию токов в обмотках (до 9 %). Токи обратной последовательности накладываются на токи прямой последовательности и вызывают дополнительный нагрев статора и ротора, что приводит к ускоренному старению изоляции и уменьшению располагаемой мощности двигателя.

Магнитное поле токов обратной последовательности статора синхронных машин индуцирует в массивных металлических частях ротора значительные вихревые токи, вызывающие повышенный нагрев ротора и вибрацию вращающейся части машины. При значительной несимметрии вибрация может оказаться опасной для машины. Несимметрия напряжения не оказывает заметного влияния на работу кабельных и воздушных линий, однако у трансформаторов наблюдается сокращение срока службы.

Токи нулевой последовательности постоянно проходят через заземлители, вызывая высыхивание грунта, что увеличивает его удельное сопротивление и, соответственно, сопротивление растекания тока на землю. Увеличение сопротивления заземления увеличивает число грозовых отключений ЛЭП, снижая надёжность ЛЭП.

Несинусоидальные режимы, обусловленные протеканием токов высших гармоник по элементам системы электроснабжения электротехнических комплексов,

вызывают дополнительные потери активной мощности и электроэнергии. Наибольшие потери имеют место в трансформаторах, электрических двигателях и синхронных генераторах.

Наличие высших гармоник тока приводит к повышению вероятности перехода однофазных замыканий на землю в двухфазные КЗ в кабельных линиях сетей с изолированной нейтралью. Следовательно, высшие гармоники в кривой напряжения питающей сети приводят к сокращению срока службы силовых кабелей, повышению аварийности в кабельных сетях, увеличению числа необходимых ремонтов. Опыт эксплуатации показал, что при несинусоидальности 5–10 % суммарные амортизационные отчисления и стоимость текущих ремонтов кабелей возрастают на 15–20 %.

С проблемой надежности в электроэнергетике связаны следующие практические задачи: прогнозирование надежности оборудования и установок; нормирование уровня надежности; испытания на надежность; расчет и анализ надежности; оптимизация технических решений по обеспечению надежности при создании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем; экономическая оценка надежности.

Целью рассматриваемого программного инструментария анализа надежности электроустановок и электрических систем. Программный инструментари реализован в виде web-приложения (рисунок 2) и отдельной программой для персонального компьютера. Основные преимущества разработанного программного инструментария заключаются в отсутствии необходимости установки большого числа специализированных программ; наличии широкой встроенной базы данных справочно-информационной поддержки, включающей современную обширную теоретическо-образовательную, нормативную и справочную информацию; гибкость программ расчета к различным исходным данным, возможность "усредненного" расчета или подбор наиболее вероятных параметров.

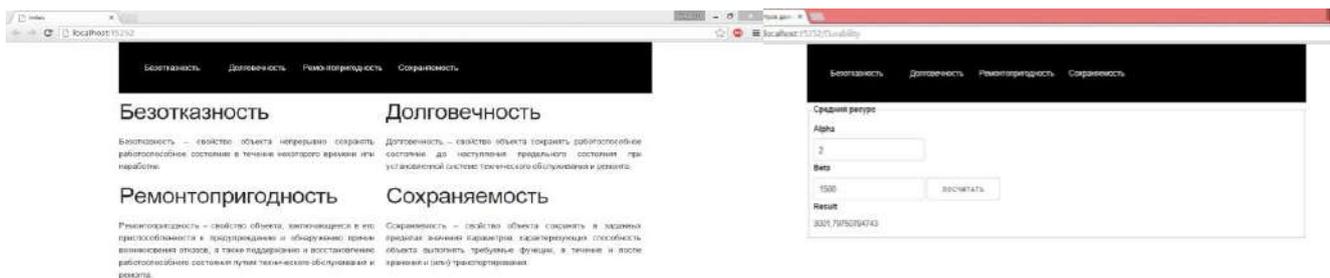


Рисунок 2 – Пример реализации web-приложения расчета параметров надежности

Практическое применение программного инструментария заключается в оптимизации (в некотором смысле) технических решений по обеспечению надежности при проектировании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем. Результаты исследования позволят: прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; установить "узкие места" в

обеспечении надежности; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования, автоматизации электрических расчетов, повышении их надежности и достоверности при выборе и конструктивном исполнении электрических сетей, определении электрических нагрузок, компенсации реактивной мощности, выборе защитных аппаратов и сечений проводников, учете электроэнергии и пр.

Получено 30.09.2015

V. N. Galushko, A. V. Drobov, S. I. Bahur, A. I. Gorbach. More efficient use of electrical energy by means of software electrical calculations and analysis of reliability.

In this article describes the software and technology tools to improve energy efficiency of electrical equipment to reasonably make decisions to ensure the reliability and safety of electricity consumers.

УДК 004.427.27

В. Н. ФОМИЧЁВ, кандидат технических наук, Л. В. ПРИМАКОВИЧ, студентка, А. А. МИХОЛЕНКО, студент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Рассматриваются такие параметры цифровых каналов передачи данных как: максимально допустимый джиттер и передаточная характеристика джиттера на входах компонентных трактов. Акцентируется внимание на необходимости измерения джиттера для анализа и улучшения качества передачи данных по цифровым каналам, так как этот параметр может привести к снижению устойчивости работы системы. Рассматриваются примеры влияния джиттера на параметры качества сигналов телекоммуникационных систем Калинковичской дистанции сигнализации и связи.

Переход к цифровым методам передачи и коммутации помимо преимуществ, обусловленных новыми технологиями связи, вызвал множество проблем, связанных с принципами передачи сигналов в цифровом виде. В этой статье мы акцентируем внимание на измерении дрожания фазы, так называемого джиттера [1].

Джиттером, или фазовым дрожанием, называется явление фазовой модуляции принимаемого сигнала. Это кратковременные фазовые отклонения цифрового сигнала от его идеального состояния во времени с частотами выше 10 Гц. Значимой при этом может быть любая удобная и легко определяемая точка сигнала, находящаяся, например, на переднем или заднем фронте импульса. Вторым параметром, тесно связанным с фазовым дрожанием, является дрейф фазы (вандер), который обычно относится к долговременным изменениям фазы сигнала. В качестве примера сравним максимально допустимый джиттер на входах компонентных трактов цифровой аппаратуры ИКМ-120 и мультиплексора FMX. Тестирование производилось при помощи анализатора потоков E1 EST-125 «Acterna» [2].

Рассматривая влияние джиттера на параметры качества передачи сигналов современных телекоммуникаций, необходимо отметить, что оно проявляется следующим образом: снижается пороговый уровень работы системы по шумам, что приводит к появлению битовых ошибок и к значительным нарушениям в структуре цифрового сигнала [1].

Причинами возникновения дрожания фазы являются задержки при передаче цифровых сигналов по каналу связи, а также:

- наличие шумов в каналах вследствие электромагнитных влияний от внешних источников помех (например компьютеров);
- процедуры выравнивания скоростей передачи и приема цифровых потоков (стаффинг битов) и др.

Дрожание фазы в сети передачи может увеличиваться в зависимости от механизма его генерации и преобразования.

В волоконно-оптических системах передачи (ВОСП) встречаются различные типы дрожания фазы [1], а именно:

- случайное дрожание фазы, которое не зависит от передаваемой последовательности и возникает вследствие шумов, создаваемых электронными элементами регенератора;
- детерминированное фазовое дрожание, которое представляет собой последовательность смещений, создаваемых схемой восстановления тактовой частоты.

Детерминированное дрожание фазы также может возникнуть вследствие искажений формы сигнала.

На рисунке 1 показаны две последовательности импульсов: синхронизации (СИ) и тактовые (ТИ). Последовательность ТИ получена устройством выделения тактовой частоты из информационной последовательности и отражает фазовые характеристики последней. Для удобства принято, что в идеале передние фронты импульсов должны совпадать. Несовпадение приводит к появлению фазового сдвига $\Delta\varphi$. Изменение $\Delta\varphi$ во времени можно представить ступенчатой функцией. Эта функция может служить степенью оценки величины фазового дрожания.

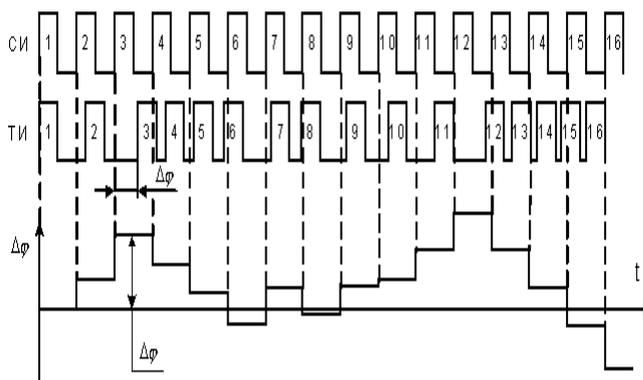


Рисунок 1 – Понятие фазового дрожания

Фазовый сдвиг $\Delta\varphi$ выражают через длительность единичного интервала (ЕИ) – длительность одного бита, который связан со скоростью передачи B как $ЕИ = 1/B$.

Джиттер в цифровом сигнале определяется по параметрам амплитуды и частоты. В общем случае джиттер измеряется в единичных интервалах, а не в единицах абсолютного времени, так как в этом случае результат измерения не зависит от действительной скорости передачи данных, что позволяет осуществить сравнение амплитуды фазового дрожания на различных иерархических уровнях в цифровой системе передачи. При скорости в тракте 2048 кбит/с один единичный интервал будет равен 488 нс. Если соотнести единичный интервал с длиной тактового периода, то он независим от формы импульса двоичного сигнала. Он также не зависит от битовой скорости, так как привязан к тактовому периоду. Это позволяет выполнить прямое сравнение амплитуд джиттера на различных иерархиях цифрового сигнала.

Рассмотрим методологию измерений максимально допустимого джиттера (MTJ – Maximum Tolerable Jitter). Максимально допустимый джиттер представляет собой максимальную величину джиттера, которая не вызывает появления ошибок или аварийных сигналов. На измеряемое оборудование подается тестовый сигнал с внесенным джиттером на определенной частоте. Затем амплитуда вносимого джиттера варьируется, а на выходе тестируемого оборудования измеряется вероятность появления ошибки. Далее делается вывод о максимально допустимом джиттере для данной частоты. Измерения повторяются и на других частотах. В результате получается зависимость максимально допустимого джиттера от частоты для данного тестируемого оборудования, которая и является предметом измерений [1].

Маска допустимых значений определяет минимальную величину джиттера, которую должен обеспечивать приемник. Норма показывает ту область, в которой оборудование должно работать без снижения нормированного показателя ошибок. Тестирование на соответствие норме осуществляется путем установления частоты и амплитуды фазового дрожания по маске с последующим контролем за отсутствием нормированного снижения показателя ошибок.

Измерения проводились на нескольких частотах, по результатам которых получены характеристики максимально допустимого джиттера, который должен быть расположен выше заданной нормативной характеристики, представленной на рисунке 2 в виде маски. Горизонтальная ось диаграммы соответствует диапазону частот от 20 Гц до 100 кГц, вертикальная ось – амплитуде генерируемого джиттера.

На рисунке 2 представлено сравнение максимально допустимого джиттера на входах компонентных трактов ИКМ-120 и мультиплексора FMX, также имеется маска джиттера, сформированная по Рекомендациям МСЭ-Т (Международный союз электросвязи) для каждой частоты измерения. Из рисунка видно, что данные по обеим системам удовлетворяют требованиям МСЭ-Т, однако максимально допустимый джиттер для аппаратуры FMX немного лучше, что позволяет аппаратуре работать с большей надёжностью и меньшим показателем ошибок.

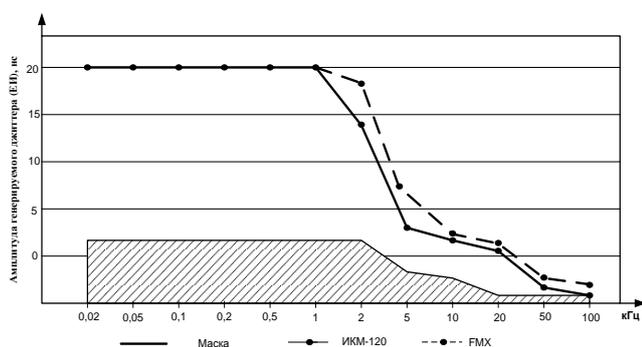


Рисунок 2 – Сравнение графиков максимально допустимого джиттера на входах компонентных трактов мультиплексора FMX и ИКМ-120

Рассмотрим ещё один важный параметр – передаточную характеристику джиттера (JTF – Jitter Transfer Function). На вход приемника подается сигнал с джиттером, а затем измеряется уровень джиттера на выходе. Тем самым можно понять, ослабляет ли устройство

джиттер (JTF тогда отрицательная) или усиливает (JTF-положительная), и в какой мере.

Расчет JTF производится по формуле

$$JTF(f_i) = 20 \cdot \lg \frac{J_{out}(f_i) - J_{in}(f_i)}{J_{in}(f_i)}$$

где $J_{out}(f_i)$, $J_{in}(f_i)$ – значения джиттера, соответственно, на выходе и входе аппаратуры определенной частоты измерения;

Так же как и максимально допустимый джиттер, передаточная характеристика джиттера измеряется на определенных частотах. В качестве примера представим тестирование передаточной характеристики джиттера цифровой аппаратуры ИКМ-120 и мультиплексора FMX. Измерения проводились следующим образом: на вход приемника подаются сигналы различных частот с джиттером постоянной амплитуды, а величина джиттера измеряется на выходе устройства. В отличие от маски максимально допустимого джиттера маска передаточной характеристики джиттера представляет собой зависимость для верхнего и нижнего уровней передаточной характеристики джиттера. Реальная кривая параметра JTF должна располагаться ниже маски, представленной на рисунке 3 [1].

На каждой частоте принятое дрожание фазы сравнивается с известной величиной переданного дрожания, которая представлена в таблице 1. Отношение этих величин отображается в децибелах (рисунок 3), как мощность джиттера.

Таблица 1 – Нормируемые значения, используемые в тесте передачи дрожания

Частота, кГц	A, нс	Частота, кГц	A, нс
0,02	1,00 ЕИ	2	1,00 ЕИ
0,05	1,00 ЕИ	5	0,33 ЕИ
0,1	1,00 ЕИ	10	0,25 ЕИ
0,2	1,00 ЕИ	20	0,17 ЕИ
0,5	1,00 ЕИ	50	0,17 ЕИ
1	1,00 ЕИ	100	0,17 ЕИ

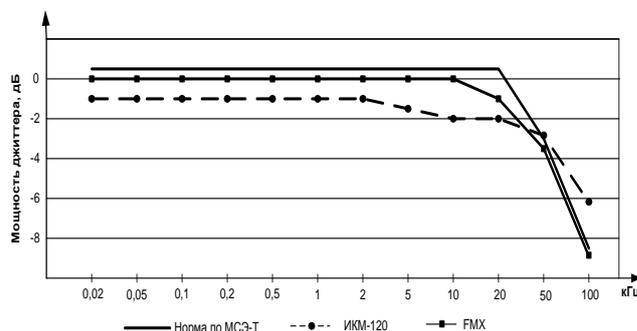


Рисунок 3 – Сравнение графиков передаточной характеристики джиттера цифровой аппаратуры ИКМ-120 и мультиплексора FMX

На рисунке 3 представлена передаточная характеристика дрожания фазы цифровой аппаратуры ИКМ-120 и мультиплексора FMX, также имеется маска параметра JTF, сформированная по рекомендациям МСЭ-Т для каждой частоты измерения.

Из рисунка 3 видно, что данные по FMX удовлетворяют требования МСЭ-Т, а у аппаратуры ИКМ-120 две точки не входят в маску. Можно сделать вывод, что ИКМ-120 работает хуже на высоких частотах, чем FMX. Это обуславливается тем, что мультиплексор FMX работает по оптическому кабелю передачи данных, а ИКМ-120 – по медному.

Таким образом, можно сделать вывод, что такие параметры, как предельно допустимый джиттер и передаточная характеристика джиттера при превышении определенного значения непосредственно влияют на качество передачи информации. Для обоснования необходимости измерений джиттера нужно отметить, что этот параметр имеет большое значение для современных телекоммуникаций, так как джиттер в системе передачи может привести к существенному снижению

устойчивости их работы и увеличению битовых ошибок. Следует заметить, что при измерении джиттера аппаратуры ИКМ-120 в двух случаях были выявлены существенные несоответствия нормам, это доказывает, что использование мультиплексора FMX является наиболее целесообразным, так как при применении данной аппаратуры повышается качество передачи информации.

Список литературы

1 **Бакланов, И. Г.** Методы измерений в системах связи / И. Г. Бакланов / под ред. А. Б. Иванова. – М. : Эко-Трендз, 1999. – 65 с.

2 **Бакланов, И. Г.** Технологии измерений первичной сети / И. Г. Бакланов. – М. : Эко-Трендз. – 2002. – Ч. 1. Системы E1, PDH, SDH – 58 с.

Получено 10.10.2016

V. N. Fomichev, L. V. Prymakovich, A. A. Mikhalenka. Comparative analysis of parameters of digital data transmission systems.

Considered parameters such digital data transmission channels as: the maximum permissible jitter transfer function jitter on the input component paths. Indicates the need for jitter measurements to analyze and improve the quality of data transmission on the digital channels, as this option may degrade stability operation of the system. Discusses examples of the impact of jitter on the quality parameters of signals of telecommunication systems Kalinkovichi signalling and communication.

УДК 656.259.2: 621.315

О. А. ГОЛОЛОБОВА, Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ

Рассмотрено влияние электромагнитного поля на систему автоматической локомотивной сигнализации на участках сближения и пересечения с линией электропередачи 750 кВ. Проведено исследование влияния линии электропередачи в местах косоугольного пересечения железнодорожных путей на работу системы на перегоне Пришиб-Бурчацк Приднепровской железной дороги Украины. Получены результаты экспериментальных исследований кодов автоматической локомотивной сигнализации в рельсовых цепях, находящихся под влиянием линии электропередачи. Разработана и предложена адекватная имитационная компьютерная модель входных устройств автоматической локомотивной сигнализации в среде MATLAB+Simulink, которую предлагается использовать для дальнейшего изучения и разработки защитных мероприятий от мешающего воздействия линий электропередачи. Приведены результаты компьютерного моделирования на выходе фильтра при подаче на вход кодовых комбинаций. Рассмотрены возможные методы повышения помехозащищенности автоматической локомотивной сигнализации.

Введение. В последнее время большое значение приобретает увеличение скоростей движения поездов, внедрение ускоренного, а в будущем и скоростного, движения, что требует обеспечения необходимого уровня безопасности движения поездов. Важную роль в этом играет бесперебойная работа автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). В процессе эксплуатации на работу АЛС влияет большое количество дестабилизирующих факторов: частотные составляющие тягового тока, электромагнитные поля ЛЭП, асимметрия рельсовых цепей, зоны изолирующих стыков и многое другое, что приводит к сбоям и отказам [1, 5].

Существующие методы изучения влияния помех различного происхождения не являются совершенными. Наиболее высокую достоверность анализа дают использование вагона-лаборатории и автоматизированная обработка полученной информации, требующие значительных финансовых расходов [2]. Поэтому на сегодняшний день более целесообразным является применение имитационного компьютерного моделирования с использованием современного программного обеспечения, что дает возможность изучить влияние внешних факторов и спрогнозировать возможные сбои и отказы в работе АЛС.

Влияние линии электропередачи на работу АЛС. Сбои, вызванные влиянием линии электропередачи (ЛЭП), являются наиболее значительными по отношению к общему количеству повторяющихся сбоев по вине службы сигнализации и связи (служба Ш) (рисунок 1).

Степень влияния ЛЭП на приемные устройства АЛС зависит от множества факторов [3, 4]. К наиболее важным из них относятся угол пересечения ЛЭП с железнодорожной линией, тип подвески проводов на опоре, фазовые токи и их асимметрия, асимметрия приемных катушек локомотива по отношению к проводам влияющей линии и др. [8]. Помехи от ЛЭП проявляются в местах сближения ЛЭП с железной дорогой в виде пересечений или взаимного параллельного расположе-

ния и имеют синусоидальный характер [6]. Зона мешающего влияния невелика (примерно 30–40 м на каждую сторону от оси ЛЭП). Однако на ряде дорог сбои в районе пересечения с ЛЭП значительны. Линии, которые параллельны железной дороге, обычно маломощные, поэтому не требуют особых мер защиты. А вот линии, пересекающие под разным углом путь, оказывают решающее значение на приемную систему АЛС [7].



Рисунок 1 – Количество сбоев, вызванных влиянием ЛЭП, на фоне общего количества сбоев по вине службы Ш на Приднепровской железной дороге

Существуют различные способы защиты: применение автоматической регулировки усиления, увеличение высоты подвески и уменьшение расстояния между проводами ЛЭП в местах пересечения, устройство специальных замкнутых подвешенных или уложенных на землю шлейфов, в которые подается ток частоты 50 Гц, сдвинутый по фазе по отношению к току наведенной помехи, компенсация тока помехи специальным проложенным на локомотиве контуром и увеличение сигнала тока в районе пересечения [8, 12–16].

Практические исследования влияния ЛЭП проводились на участке пересечения с ЛЭП 750 кВ на перегоне Пришиб-Бурчацк в Запорожской области,

Украина (рисунок 2). Перегон Пришиб-Бурчацк электрифицирован постоянным током. Измерения проводились системой «Контроль» на базе вагон-лаборатории службы сигнализации и связи Приднепровской железной дороги.



Рисунок 2 – Перегон Пришиб-Бурчацк

Результаты измерений сигнального тока кода зеленого (З) и желтого (Ж) огней представлены на рисунке 3.

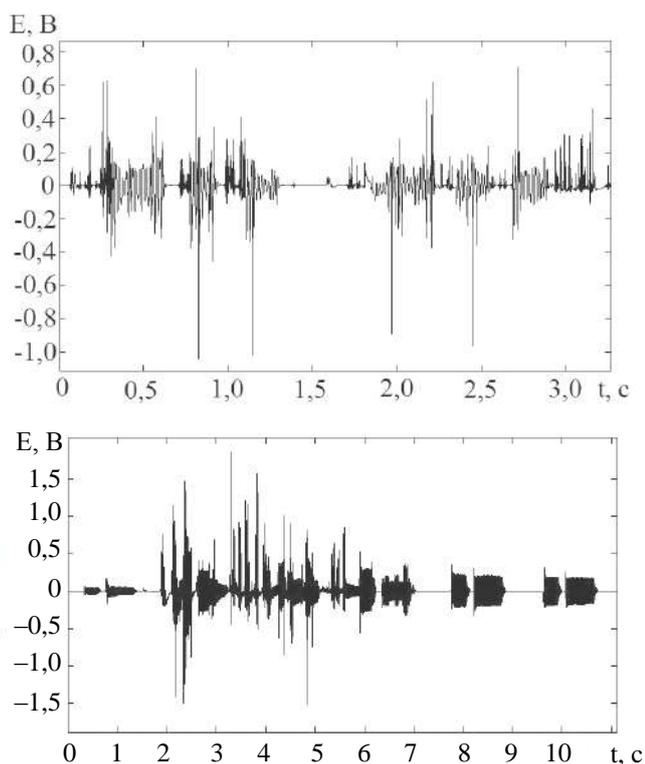


Рисунок 3 – Сигнальный ток кода З и Ж.

Как видно из рисунка 3, помехи в катушках, наведенные ЛЭП 750 кВ, настолько сильны, что с трудом различается наличие кода [3]. Помехи заполняют короткие паузы, длинный интервал между кодами, накладываются на импульсы кода. Величина наибольшей помехи достигает свыше 1 В, что примерно эквивалентно мешающему току в рельсах величиной 6 А.

В обоих случаях сигнал через АЦП снимался

непосредственно с локомотивных катушек, поэтому здесь мы можем говорить о проявлениях как прямого, так и косвенного влияния ЛЭП.

Разработка имитационной компьютерной модели. Для того, чтобы иметь возможность в лабораторных условиях оценить эффективность применения различных защитных мер, была разработана имитационная компьютерная модель входных устройств АЛС в среде MATLAB+Simulink (рисунок 4). Благодаря использованию разработанной модели можно изучать и определять поведение схемы в нормальном режиме эксплуатации и при влиянии различного рода помех [17, 18].

В данной модели использована эквивалентная схема замещения фильтра частотой 50 Гц и следующие блоки:

- Z – генератор кода «З»;
- W – генератор кода «Ж»;
- KW – генератор кода «КЖ».

Параметры каждого из этих генераторов, создают комбинации интервалов и импульсов определенной длительности, точно отражающие комбинации соответствующих кодовых сигналов.

Scope – осциллограф;

AC Voltage Source – источник переменного напряжения;

Ideal Switch – переключатель;

Current Measurement – измеритель тока;

2Lk – индуктивность двух приемных катушек;

C1, C2 – конденсаторы;

Linear Transformer – трансформатор;

Rvx – нагрузка усилителя.

В электрическом отношении по действующим техническим условиям приемная катушка характеризуется следующими параметрами: активное сопротивление переменному току с частотой 50 Гц более 650 Ом, индуктивность $7,1 \pm 0,35$ Гн, добротность 3,5. При подвеске на высоте 150 мм, токе в рельсах 10 А частотой 50 Гц в катушке наводится соответствующая электродвижущая сила (ЭДС) не менее 0,75 В.

Две соединенные последовательно приемные катушки на частоте 50 Гц должны иметь добротность 3,5–4,0 и индуктивность 14,0 Гн. ЭДС, которая наводится в разомкнутых и отключенных от пульта катушках, при токе в цепи 10 А должна составлять 1,3 В.

Трансформатор фильтра и его конденсаторы входят в конструкцию самого усилителя (тип УК25/50М). Первичная обмотка I (820 витков) входит вместе с конденсатором C1 (типа МБГП, $0,75 \text{ мкФ} \pm 5 \%$, 200 В) в контур приемных катушек. Вторичная обмотка II (1700 витков с выводами от 60, 75, 90 и 105-го витков) имеет дополнительную секционированную обмотку III (161 виток с выводами от 92-го и 115-го витка), при помощи которой второй контур с конденсатором C2 (емкостью $4 \text{ мкФ} \pm 5 \%$, 200 В) настраивается в резонанс на частоту 50 Гц. Магнитопровод трансформатора имеет фиксированный воздушный зазор 0,9 мм для стабилизации индуктивности его обмоток [11].

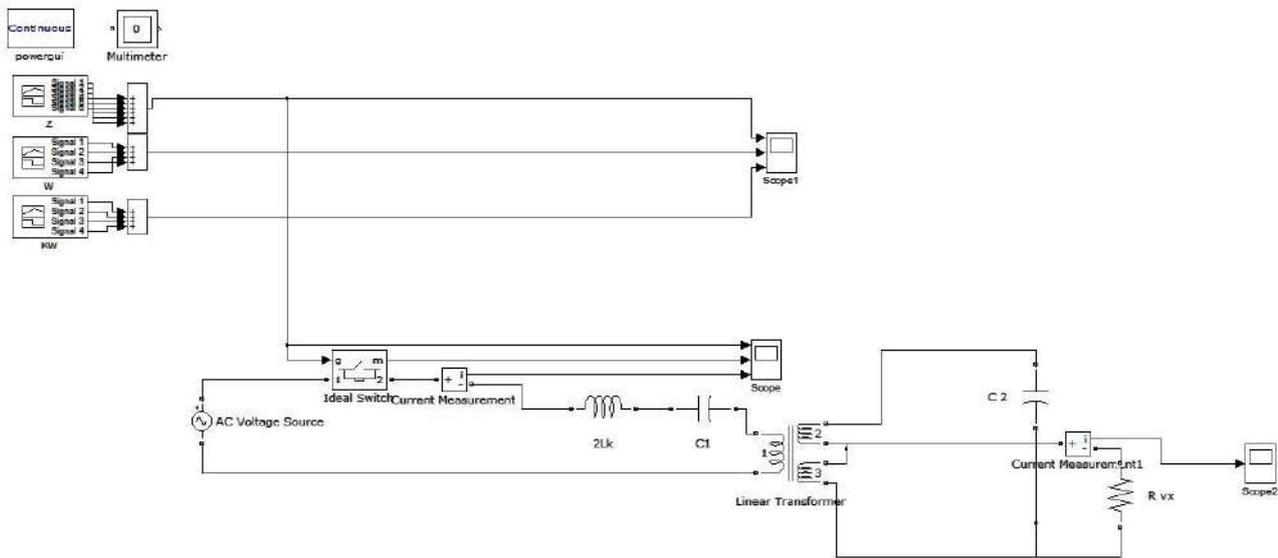


Рисунок 4 – Математическая модель входных устройств АЛС

При подаче на вход компьютерной модели кодов «З» и «Ж» на выходе фильтра получаем соответствующий амплитудно-модулированный сигнал (рисунок 5), что свидетельствует об адекватности разработанной модели входных устройств АЛС.

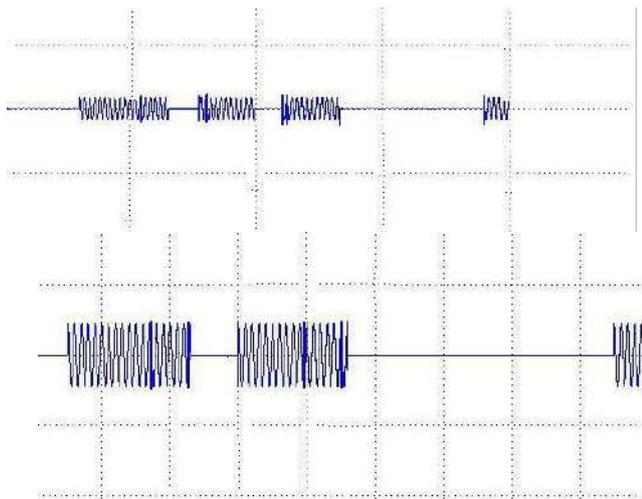


Рисунок 5 – Кодовый сигнал «З» и «Ж» на выходе фильтра

Заключение. Особое место занимает проблема защиты работы системы АЛС от влияния ЛЭП на участках с электрической тягой постоянного тока и тепловозной тягой, когда устройства локомотивной сигнализации работают на частоте 50 Гц, и поэтому методы частотного разделения сигнала и гармонической помехи неприменимы [1]. Так как влияние ЛЭП можно условно разделить на прямое и косвенное, то необходимо учитывать, что большинство способов защиты нивелируют прямое влияние магнитного поля ЛЭП на катушки АЛС. Исследования [13] показывают, что уровень помехи определяется в основном косвенным влиянием, т. е. является следствием наведения в электромагнитных массах (рама, тележки, корпус и т. д.) локомотива вихревых токов, магнитное поле которых непосредственно и воздействует на приёмные катушки. Поэтому задача

разработки защитных мероприятий не теряет своей актуальности.

Для решения этой задачи удобно использовать имитационную компьютерную модель входных устройств АЛС, которая позволяет экспериментально изучать работу системы в условиях возникновения помех и искажений кодового сигнала путем использования MATLAB+Simulink. Дальнейшая разработка данной модели позволит в лабораторных условиях изучать и разрабатывать схемные решения для уменьшения проявлений различных помех, в том числе и методы защиты от влияния ЛЭП, что в свою очередь, приведет к повышению помехозащищенности АЛС [9, 10].

Список литературы

- 1 Гаврилюк, В. І. Ймовірнісна модель впливу тягового струму на рейкові кола / В. І. Гаврилюк, О. В. Завгородний // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2010. – № 4. – С. 73–76.
- 2 Інструкція з технічного обслуговування локомотивних пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації безперервного типу (АЛС) і пристроїв контролю пильності машиніста на залізницях України. ЦТ-ЦШ-0072. – К. : Укрзалізниця, 2004. – 92 с.
- 3 Казаков, А. А. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы : учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / А. А. Казаков, Е. А. Казаков. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1980. – 360 с.
- 4 Конструктивные параметры воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс] // Школа для электрика. – 2010–2014. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/v1/829-konstruktivnye-parametry-vozdushnykh.html>. – Дата доступа: 10.08.2014.
- 5 Кошевий, С. В. Електромагнітні завади в межах рейкової лінії і їх вплив на роботу автоматичної локомотивної сигналізації / С. В. Кошевий, М. С. Кошевий, М. М. Бабаєв // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2008. – № 4. – С. 13.
- 6 Системы железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. для вузов / Ю. А. Кравцов [и др.] ; под ред. Ю. А. Кравцова. – М. : Транспорт, 1996. – 400 с.
- 7 Леонов, А. А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1982. – 255 с.

8 Электромагнитная совместимость устройств автоматической локомотивной сигнализации с тяговой сетью [Электронный ресурс] // Центральная научная библиотека. – 2013. – Режим доступа: http://www.0ck.ru/transport/elektromagnitnaya_sovmestimost_ustrojstv.html. – Дата доступа: 27.07.2014 г.

9 Railroad-Highway Grade Crossing Handbook – Revised Second Edition August [Electronic resource] // U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. – 2007. – Mode of access: http://safety.fhwa.dot.gov/xings/com_roaduser/07010/sec04b.htm. – Date of access: 2.09.2014.

10 **Theeg, G.** Railway Signalling and Interlocking. International Compendium / G. Theeg, S. Vlasenko. – Hamburg : Eurailpress, 2009. – 448 p.

11 **Гончаров, К. В.** Синтез цифрового локомотивного приемника автоматической локомотивной сигнализации // «Наука и прогресс транспорта». Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – 2013. – Вып. 1 (43). – С. 30–38.

12 **Горенбейн, Е. В.** Сбои кодов АЛСН и их учет / Е. В. Горенбейн, С. В. Лукоянов, В. В. Вологжанин // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 7. – С. 18–22.

13 **Киякина, Т. Е.** Причины сбоев в работе автоматической локомотивной сигнализации, методы решения проблем / Т. Е. Киякина, Д. И. Селиверов // Технические науки в России и за рубежом: материалы II междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012 г.). – М. : Буки-Веди, 2012. – С. 47–49.

14 **Леушин, В. Б.** Анализ причин сбоев в системе АЛСН // В. Б. Леушин, К. Э. Блачев, Р. Р. Юсупов // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 4. – С. 20–25.

15 **Лукоянов, С. В.** Сбоев кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше / С. В. Лукоянов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 9. – С. 22–25.

16 **Лукоянов, С. В.** Сбоев кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 11. – С. 34–36.

17 **Gavrilyuk, V. I.** Telemetric system for the control of signal parameters of rail circuits / V. I. Gavrilyuk, T. N. Serdyuk // Transport systems telematics. II International Conference. – Katowice-Ustron (Poland). – 2002. – P. 185–190.

18 **Gavrilyuk, V.** Computer simulation of electromagnetic interference from railway electric power system harmonics / V. Gavrilyuk, A. Zavgorodnyj // Archives of transport system telematics. – 2009. – Vol. 2. – № 1. – P. 33–37.

Получено 10.10.2016.

О. А. Gololobova. Research the operation of the automatic locomotive signaling system continuous under noisy conditions.

It had reviewed of the effect of electromagnetic field on the automatic locomotive signaling system in the areas of convergence and intersection with the 750 kW power line. The results were obtained of influence of power lines in places oblique crossing railway tracks on the operation of the automatic locomotive signaling system on the stretch Prishib-Burchatsk Pridneprovskoy railroad of Ukraine. The results of experimental studies of codes automatic locomotive signaling track circuits under the influence of the transmission line were obtained. Developed and offered adequate computer simulation model of the input devices of automatic locomotive signaling environment MATLAB + Simulink, which is proposed to be used for further research and development of protective measures to prevent the effect of power lines. The results of computer simulation on the filter output when the input code combinations had been. The possible methods for improving noise immunity automatic locomotive signaling had reviewed.

УДК 004.052.2

Б. В. СИВКО, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНЫХ И ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВЗАИМНОЙ ПРОВЕРКИ АКСИОМАТИЧЕСКИХ БАЗИСОВ

Предложен метод, позволяющий формализованно проводить проектирование и верификацию систем, обнаруживающих собственные отказы. Рассмотрены самопроверка и самотестирование на основе предложенного метода. Приведены примеры применения. Введено понятие полноты проверки и условие её выполнения. Показано, что полнота проверки может являться как условием полной самопроверяемости системы, так и целевым свойством при разработке.

Важной задачей в разработке и верификации безопасных и отказоустойчивых систем является обнаружение отказов с последующей реакцией, позволяющей перевести систему в безопасное состояние или запустить процесс её восстановления. В настоящее время данная проблема не имеет единого решения, поэтому актуальной является разработка методов и средств, позволяющих эффективно решать задачу обнаружения отказов [1]. В статье предлагается решение с помощью аксиоматических базисов.

Аксиоматическим базисом (далее – базис) является набор утверждений, на основе истинности которых происходит разработка или верификация. Разработка функциональности системы на различных базисах позволяет формализованно создавать отказоустойчивые и безопасные системы (подробнее – в работе [2]).

Определение функции корректности. Введем функцию корректности работы системы $s(x)$, которая принимает истинное значение в случае, когда система находится в безопасном и работоспособном состоянии. Если рассмотреть работу системы в виде дискретных переходов между её состояниями, то относительно отказов и функции $s(x)$ возможны три варианта поведения, показанные на рисунке 1.

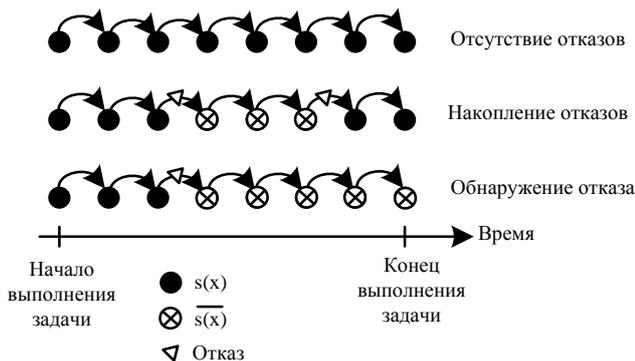


Рисунок 1 – Обнаружение отказов

Система начинает работу с некоторого корректного состояния, когда $s(x)$ истинно. В случае отказа к моменту завершения выполнения задачи может получиться так, что система вернется в состояние, когда выполняется $s(x)$, что ведет к накоплению отказов. Если в конце выполнения $s(x)$ не выполняется, то происходит обнаружение отказа.

Рассмотрим систему, которая разрабатывается или верифицирована на базисе A_f , состоящего из трех утверждений A_1, A_2 и A_3 , и ситуацию, когда может про-

изойти отказ, в результате которого нарушится базис A_3 . Ключевой идеей обнаружения отказа с помощью аксиоматических базисов является то, что в результате нарушения базиса утверждение \bar{A}_3 станет истинным, а на этом основании можно построить функциональность так, что отказ будет обнаружен. Иллюстрация проверки базиса с обнаружением отказа показана на рисунке 2.

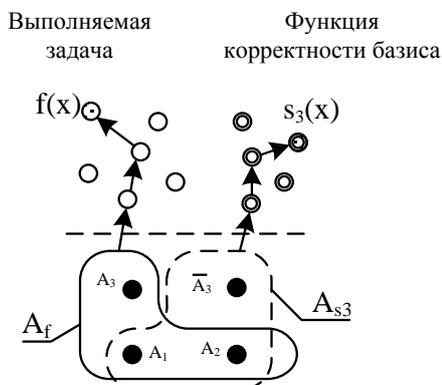


Рисунок 2 – Проверка базиса

Для системы, показанной на рисунке 2, по аналогии определяются функции $s_1(x), s_2(x)$ и $s_3(x)$, которые проверяют соответствующий базис $A_f(x)$, т. е. для проверки корректности работы системы нужно рассмотреть ряд функций, каждая из которых проверяет некоторые утверждения базиса таким образом, чтобы все функции проверили весь базис, но при этом были независимы от отказов, влияющих на утверждения базиса.

Другими словами, система выполняет функцию $f(x)$ на основании базиса A_f , и при этом имеется функция безопасности $s(x)$, которая реагирует на факт отказа, нарушающего хотя бы одно из условий A_1, A_2 или A_3 . В отличие от $f(x)$, $s(x)$ построена на базисах A_{si} , и иммунитентна к соответствующим проверяемым отказам.

Самопроверка и самотестирование. Проверка базиса может проводиться различными способами. Рассмотрим два из них: полной проверки и проверки выполнения каждого действия.

Полная проверка базиса представляет собой проверку всех утверждений и их возможных значений аргументов для системы, которые могут потребоваться при выполнении задачи. Например, базис для операции AND (логическое «И») может быть сформулирован следующим образом:

$$A_{and} \equiv (AND(0, 0) = 0) \wedge (AND(0, 1) = 0) \wedge (AND(1, 0) = 0) \wedge (AND(1, 1) = 1). \quad (1)$$

Условие (1) можно функционально проверить до и после выполнения задачи, завершающейся за конечное время, которое достаточно мало для того, чтобы возникло накопление отказов (см. рисунок 1). Также данное условие может проверяться периодически, т. е. можно проводить самотестирование базиса.

Проверка выполнения каждого действия, в отличие от полной проверки, представляет собой параллельный расчет на базисе A_{s3} , запускаемый на тех же данных. Как следствие, не требуется проверять корректность всего базиса, а нужно тестировать только те операции и на тех данных, которые были задействованы. В этом случае базис операции AND может быть сформулирован другим образом:

$$A_{\text{and}} \equiv \text{AND}(x, y) = (x \wedge y). \quad (2)$$

Функционально пример проверки операции AND показан на рисунке 3.

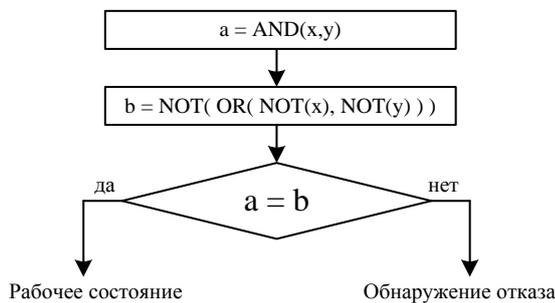


Рисунок 3 – Проверка выполнения действия

В случае такой организации контроля происходит самопроверка базисов, когда выполняется вычисление дважды на разных базисах, и в дальнейшем результаты сравниваются.

Каждый из двух описанных способов проверки имеют свои достоинства и недостатки. Полная проверка требует предельного времени выполнения задачи, и не всегда возможно осуществить полный перебор для проверки всего условия базиса. Проверка выполнения каждого действия в реальном времени не нуждается в полном переборе, но не всегда осуществима и требует более сильной синхронизации [3]. Отличительной особенностью подхода с помощью аксиоматических базисов является то, что он предоставляет формализованный инструмент для определения функции, проверяющей корректность работы системы.

Отдельным способом обнаружения отказов на основе аксиоматических базисов является использование условия, что утверждение базиса перестает быть истинным (например, когда выполняется \bar{A}_3 , см. рисунок 2). Другими словами, когда утверждение базиса нарушается, то некоторое другое утверждение становится истинным, и это свойство можно использовать для построения отказоустойчивых и безопасных систем.

Пример. Микропроцессорная система работает по программе, которая записана в памяти, а обращение к ней выполняется посредством программного счетчика, являющегося регистром, состоящим из 8 бит. Для обеспечения отказоустойчивости требуется защититься от отказов, изменяющих биты программного счетчика в постоянные 0 и 1. В качестве решения поместим по адресам 01010101 и 10101010 специальные команды, вы-

полнение которых говорит о том, что система работает корректно (например, это может быть передача сигнала на внешнюю систему). Во время выполнения циклического алгоритма за конечное время происходит периодический вызов команд по данным адресам. Работа алгоритма показана на рисунке 4.

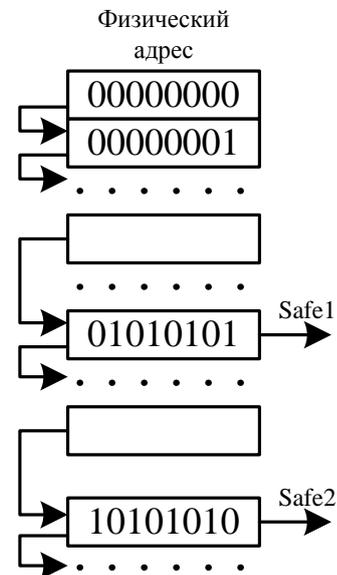


Рисунок 4 – Защита программного счетчика

Основная функциональность работает таким образом, что программный счетчик корректен. Но при этом функция, проверяющая базис, основывается на предположении, что в случае отказа один из адресов 01010101 или 10101010 будет недоступен, и, как результат, один из сигналов *Safe1* или *Safe2* будет отсутствовать, что переведет систему в безопасное состояние. Защита от отказов основывается на том, что изначально в системе утверждение о доступности адресов выполняется, но появление отказа приводит к тому, что начинает выполняться утверждение о том, что один из адресов недоступен, и за счет этого происходит обнаружение отказа.

Полнота проверки. Для проведения отказоустойчивой проверки базисов необходимо проводить её таким образом, чтобы каждый базис проверялся не зависящими от него средствами, т. е. на другом базисе. Поэтому одной из задач является приведение базисов и проверяющих их функций к такому виду, когда проверка, обладающая описанными свойствами, возможна.

Для выполнения полноты проверки требуется рассматривать как базисы, так и проверяющие их функции. Рассмотрим систему, работающую на основании n базисов A_i , а также функции $s_i(x)$, проверяющие соответствующий базис A_i , и базисы A_{si} , на основании которых реализованы соответствующие функции $s_i(x)$. Для полноты проверки необходимо, чтобы выполнялись два условия.

1 Если перестал быть истинным базис A_i , то должен выполняться проверяющий его базис A_{si} .

2 Каждая функция $s_i(x)$ должна быть реализуема на функциональности, предоставляемой базисом A_{si} .

В случае выполнения полной проверки система обладает свойством самопроверяемости в рамках рассматриваемой теории. Другими словами, если аксиоматиче-

ские допущения надежно защищены, а разработка и верификация прошли без ошибок, то система всегда обнаружит отказ.

Следует отметить, что выполнение условия полной проверки является идеальным конечным результатом, который говорит о факте полной самопроверяемости системы в рамках рассматриваемых допущений. Т. е., данное условие можно использовать в качестве целевого утверждения, подлежащего выполнению.

Рассмотрим систему, обладающую полнотой проверки, которая выполняет функцию f на основании двух базисов A_1 и A_2 . Для проверки базисов есть две функции s_1 и s_2 , проверяющие A_1 и A_2 соответственно. Исходя из построения, функцию s_1 необходимо реализовать на базисе A_2 , а s_2 на базисе A_1 . Зависимости между описанными сущностями показаны на рисунке 5.

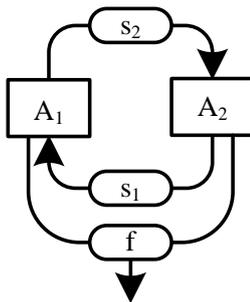


Рисунок 5 – Система со свойством полной проверки

В качестве примера такой системы можно рассмотреть микроконтроллер PIC [4], где первым базисом является корректность работы аккумулятора (W) и флага переполнения (C), а вторым – корректность ячейки памяти X . Кроме того, базисы имеют различный набор команд. В случае обнаружения отказа происходит переход по метке *SAFE*. Проверка происходит на отказ константной единицы. Функции s_1 и s_2 базисов показаны в таблице 1.

Если функция f может быть реализована на каждом из базисов отдельно, то в этом случае можно построить систему с более высокими показателями надежности, когда в случае отказа одного из базисов второй берет выполнение функций на себя.

Следует отметить, что увеличение количества базисов без надлежащих мероприятий по их изоляции друг от друга может вести к отказу по общей причине. Это обусловлено тем, что разработка и доказательство безопасности с помощью аксиоматических базисов опираются на утверждение о том, что отказы в различных базисах независимы. Поэтому одной из задач является выбор таких базисов, которые наименее подвержены отказам по общей причине.

Получено 27.03.2015

B. V. Sivko. The axiomatic basis mutual checking method for development of safety and fault-tolerant systems.

The method of self-fault detection is introduced. The method can be used to design and verify fault-tolerance systems. Self-testing and self-checking are considered on the method basis. Examples of using are shown. Introduced the concept of ‘completeness of checking’ and its formal condition. It is shown, the completeness of checking can be as a full self-checking condition as a target property during development.

Таблица 1 – Программная проверка базисов

Функция	Программа	
s_1 (приведена проверка одного бита из 8)	btfsc	W,0
	bsf	X,0
	btfss	X,0
	goto	SAFE
s_2	clrf	X
	movf	X, 0
	addlw	255
	movf	STATUS, 0
	andlw	1
	addlw	PCL, 1
	goto	OK
	goto	SAFE

Математически любое доказательство свойств систем по отказоустойчивости базируется на некоторых утверждениях, например на предположении о нулевой задержке, на независимости отказов, на предполагаемой интенсивности отказов и др., которые являются достаточно малым базисом, и при таких обстоятельствах доказательство свойств отказоустойчивости может быть сложной задачей. Предложенный метод, основывающийся на взаимной проверке аксиоматических базисов, основывается на том, что отказы в двух базисах происходят независимо. Это позволяет сформировать два больших множества утверждений, на которых проведение взаимной проверки и последующее доказательство свойств отказоустойчивости облегчаются.

Заключение. Таким образом, предложенный метод позволяет формализованно создавать и верифицировать системы, которые способны обнаруживать факт отказа и, как следствие, переходить в безопасное состояние или самовосстанавливаться, что позволяет выйти на новый уровень формализации и качества в вопросах разработки и верификации отказоустойчивых и безопасных систем.

Список литературы

- 1 Бочков, К. А. Микропроцессорные системы автоматики на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / К. А. Бочков, А. Н. Коврига, С. Н. Харлап // Гомель, БелГУТ. – 2013.
- 2 Сивко, Б. В. Диверситетные аксиоматические базисы для разработки безопасных и отказоустойчивых систем / Б. В. Сивко // Вестник БелГУТа: Наука и Транспорт. – 2014. – № 1(28). – С. 19–23.
- 3 Brilliant, S. The Consistent Comparison Problem in N-Version Programming / S. Brilliant, J. C. Knight, N. G. Leveson // IEEE Trans. on Software Engineering. – 1989. – Vol. SE-15, No. 11.
- 4 Verle, M. PIC Microcontrollers / M. Verle // Mikro-Elektronika, 1st edition. – 2008. – 394 p.

УДК 625.151-047.38

С. Ю. БУРЯК, Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Украина

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

Разработка и применение системы диагностирования стрелок, которая бы позволила автоматизировано и дистанционно определять текущее состояние стрелочного перевода со всеми возможными неисправностями, постепенными и внезапными отказами, повреждениями, и в режиме реального времени сообщать об их появлении крайне необходима в условиях функционирования скоростного движения. Определение состояния по анализу величин основных параметров стрелочных переводов предлагается осуществлять при помощи компьютера и аналого-цифрового преобразователя. Подключение для выполнения измерений целесообразно производить к шунту амперметра, установленного в рабочей цепи стрелочной питающей панели. Анализ зависимостей изменения амплитуды тока во времени и спектра амплитуды тока позволяет диагностировать состояние стрелочных переводов по изменению характера и значений измеренных кривых. Предложенный метод позволяет своевременно, еще на начальных этапах образования дефектов деталей, неисправностей узлов или поломок механизмов, обнаруживать и устранять их.

Введение. Высокий показатель безопасности перевозок железнодорожного транспорта является результатом накопления многолетнего опыта обращения пассажирского движения и перевозок грузов, внедрения передовых принципов и тенденций развития, а также применения новых технологий. Но, несмотря на это, безопасность движения является комплексным показателем, поскольку на нее имеют влияние все без исключения системы, устройства и технические средства, которые принимают участие, как в обеспечении движения поездов, так и различных вспомогательных, восстановительных, ремонтных, эксплуатационных, снабженческих, хозяйственных и других видах деятельности, которые представляют собой сложный технологический процесс, направленный на функционирование системы в целом.

Технический прогресс, находящий применение во всё больших областях и сферах деятельности железнодорожного транспорта, обеспечивает рост возможностей по увеличению числа перевезенных пассажиров и объема грузовых перевозок посредством работы всё меньшего числа людей, привлеченных к работам в различных службах. Строгое соблюдение и выполнение работ в точности технологическим картам графика технологического процесса требуется согласно правилам, изложенным в инструкциях по эксплуатации и порядку выполнения работ, и контролируется ревизионным аппаратом. Но часто устранение внезапных случайных отказов или повреждений приводит к тому, что у работников железной дороги просто не остается времени на выполнение графика технологического процесса.

Текущее положение в отрасли. Одной из основных задач работников службы сигнализации и связи является обеспечение работы стрелок на станции [8]. Работа стрелочных переводов, кроме собственных схемных зависимостей и элементов системы, в очень высокой степени подвержена влиянию внешних факторов, среди которых эксплуатация в тяжелых условиях из-за непосредственной близости напольных устройств к пути следования подвижного состава; погодные условия, выпадение и высыпание грузов; сходы подвижного состава и другие чрезвычайные ситуации, приводящие к нарушению функционирования стрелочного перевода.

К тому же стрелочный перевод подвержен высоким динамическим нагрузкам во время движения по нему экипажа, вызывающим возникновение продольных и поперечных сил и становящимся причиной появления вибрации. Кроме этого, он эксплуатируется в условиях окружающей среды, а потому находится под воздействием атмосферных явлений, таких как дождь и снег, а также перепадов температур, как суточных, так и сезонных. Столь неблагоприятные условия эксплуатации усложняются еще и загрязнением стрелок сыпучими грузами [2].

Работа по эксплуатационному обслуживанию стрелочных переводов не только связана с непосредственным выходом людей в зону движения поездов, но и проводится в габарите их движения, а поэтому представляет чрезвычайную опасность жизни и здоровью рабочих различных служб железнодорожного транспорта. Поскольку полностью исключить выход на путь и в габарит движения поездов рабочих во время обслуживания стрелочных переводов невозможно, то уменьшение времени их пребывания в этих опасных местах значительно повысит уровень безопасности движения поездов и охраны труда в целом.

В настоящее время работники службы сигнализации и связи обладают только той информацией о состоянии объектов, которую они получают с периодичностью, указанной в картах технического обслуживания. Этих данных вполне достаточно для выполнения текущего ремонта, то есть устранения неисправностей во время осмотра, но далеко не достаточно для изучения и отслеживания причин их возникновения.

Следует разработать такую систему автоматизированного технического диагностирования, которая бы позволила дистанционно определять текущее состояние стрелочного перевода со всеми возможными неисправностями. Данная система должна определять как постепенные отказы, так и повреждения, которые возникают внезапно, и в режиме реального времени сообщать об их появлении.

Схема измерений. Одним из возможных методов определения текущего состояния стрелочного перевода является диагностирование по току перевода стрелки.

На рисунке 1 показана схема подключения диагностического оборудования к измерительной части фраг-

мента схемы рабочей цепи стрелочных электроприводов переменного тока при их подключении к устройствам электропитания постов ЭЦ крупных станций, т. е. станций с числом стрелок более 30. Подключение к рабочей цепи выполнялось посредством разъемного соединения в месте крепления амперметра на выносном щитке при помощи электрических контактов зажимного типа (крокодил). При восстановлении временных характеристик тока в рабочей цепи двигателей стрелочных электроприводов применялась программа MATLAB [9].

Для контроля перевода стрелок на пульте управления амперметрами РА1 и РА2 (на рисунке 2 показана схема только для питания первой группы стрелок) име-

ются два трансформатора тока ТТ4 и ТТ5. В связи с тем, что ТТ4 и ТТ5 рассчитаны на номинальный ток 5 А, для ограничения тока и падения напряжения на нем при переводе стрелок параллельно ТТ4 и ТТ5 через тыловой контакт реле ПОС1 и ПОС2 включены резисторы R1 и R2, на которых установлены сопротивления 0,3 Ом [4, 5].

Для измерения тока перевода одной стрелки на пульте управления нажимается кнопка ПОС1 (ПОС2) для возбуждения одноименного реле в панели. Контакт реле ПОС1 (ПОС2) отключается резистор R1 (R2) и весь ток перевода стрелки проходит через трансформатор тока ТТ4 (ТТ5).

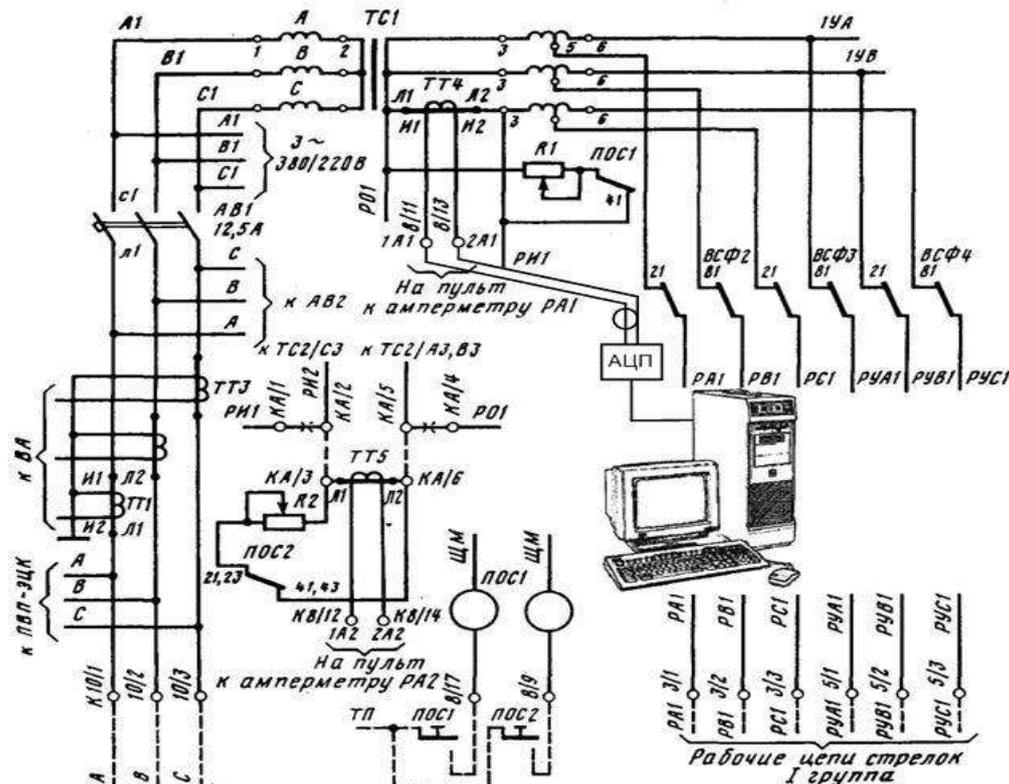


Рисунок 1 – Подключение измерительного устройства к схеме стрелочной панели ПСТ-ЭЦК

Измерения выполнялись на стрелочных переводах расположенных на боковых и главных путях станции, с маркой крестовины 1/9 на боковых путях и 1/11 по главному ходу. Уложены стрелки на железобетонные шпалы с использованием рельса тяжелого типа Р-65. На стрелках установлены стрелочные электроприводы типа СП-3 с электродвигателем переменного тока МСТ-0,3 [6, 7].

Результаты. Кривая тока в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе исправной одиночной стрелки изображена на рисунке 2. Из данной временной характеристики можно установить три важнейших параметра: характер изменения кривой тока, величину тока перевода и его длительность. Временную зависимость кривой тока перевода стрелки стрелочным электроприводом переменного тока можно разбить на три участка: пуск двигателя в ход с преодолением инерционности системы и размыканием стрелки, собственно перевод острия стрелки и доведение острия к противоположному рамному рельсу с замыканием острия.

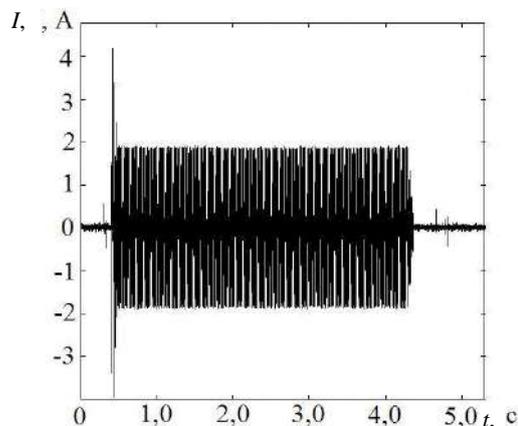


Рисунок 2 – Ток в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе исправной одиночной стрелки

На первом участке наблюдается небольшой всплеск тока, соответствующий перебрасыванию контактов пускового поляризованного стрелочного реле и значи-

тельное кратковременное увеличение тока, являющегося признаком трогания вала двигателя с места со сдвигом с места всех передаточных звеньев [1, 3]. Следующий участок характеризует движение механизмов привода с приведением в движение острия и их перемещением. На завершающем этапе перевода стрелки, когда происходит подвод острия к рамному рельсу, после замыкания стрелки наблюдается остаточное вращающее магнитное поле в статоре двигателя.

С изображения спектра тока в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе исправной одиночной стрелки на рисунке 3 видно, что влияющими в спектре сигнала являются низкие частоты в диапазоне от 0 до 2 кГц.

Ток в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе одиночной стрелки с упором корня острия на рисунке 4 аналогичен рассмотренному ранее случаю для исправной стрелки на рисунке 2 лишь на двух участках временной зависимости. На третьем участке токовой кривой наблюдается явно выраженное увеличение тока в цепи электродвигателя, которое является следствием увеличения сопротивления движению острия стрелки из-за упора корня их острия в рельс, лежащий за ними. На преодоление дополнительно возникшей силы электродвигатель развивает большую мощность, что вызывает увеличение тока в рабочей цепи.

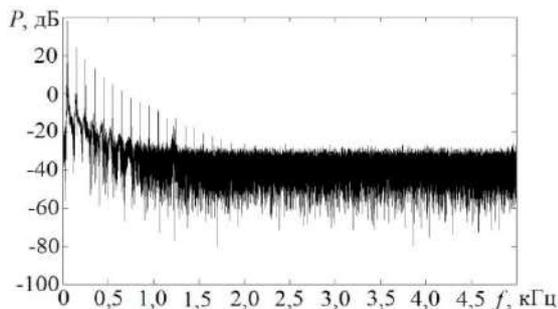


Рисунок 3 – Спектр амплитуды тока в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе исправной одиночной стрелки

Поскольку упор корня острия влияет только на амплитудное значение тока в рабочей цепи электродвигателя, его можно зафиксировать только во временной области. Спектр же тока в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе одиночной стрелки с упором корня острия практически не отличается от спектра сигнала исправной стрелки, изображенной на рисунке 3, и не содержит отличных от нее частот.

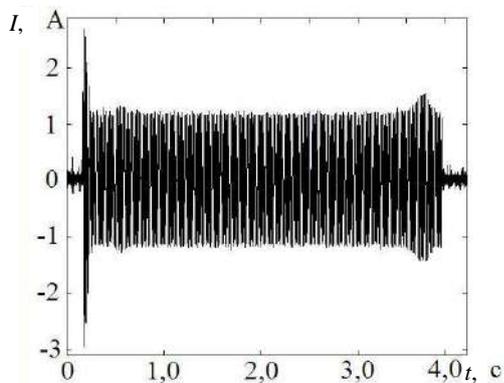


Рисунок 4 – Ток в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе одиночной стрелки с упором корня острия

Следовательно, обнаружить упор корня острия стрелки можно при помощи анализа временной зависимости тока перевода, а при помощи спектрального анализа – нельзя.

В свою очередь ток в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе одиночной стрелки с неисправным ротором ничем не отличается от тока перевода исправной стрелки на рисунке 2, хотя перевод стрелки сопровождается вибрацией и характерным высокочастотным стучанием внутри двигателя. При осмотре двигателя было установлено повреждение стержня ротора типа «беличья клетка» с присутствием намагниченной металлической пыли.

При изучении спектра тока в рабочей цепи стрелочного электропривода с двигателем переменного тока при переводе одиночной стрелки с неисправным ротором, приведенного на рисунке 5, было установлено, что если для спектра тока перевода стрелки в исправном состоянии на рисунке 3 характерно наличие значимых частот в диапазоне от 0 до 2 кГц, то в данном случае наблюдался спектр сигнала с присутствием высоких значений в области частот от 0 до 8 кГц. Кроме этого, спектр тока в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе одиночной стрелки с неисправным ротором на низких частотах, содержал высокую постоянную составляющую, которой нет в спектре токовой кривой перевода исправной стрелки на рисунке 3.

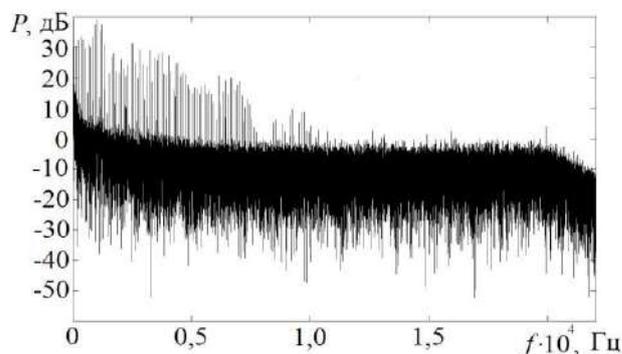


Рисунок 5 – Спектр амплитуды тока в рабочей цепи стрелочного электропривода переменного тока при переводе одиночной стрелки с неисправным ротором

Таким образом, используя метод автоматизированного дистанционного компьютерного диагностирования текущего состояния стрелочного перевода можно определять такие неисправности, которые связаны как с механической, так и с электрической его частью, контролируя при этом такие параметры как величину тока нормального перевода и при работе электродвигателя на фрикцию, длительность перевода, правильность регулировки гарнитуры и узлов крепления, состояние электродвигателя и т. д.

Заключение. Предложенный метод диагностирования состояния стрелочного перевода является относительно недорогим в применении, простым в использовании и довольно эффективным средством в определении неисправностей. Внедрение диагностического анализа состояния стрелочного перевода с использованием

компьютерной техники позволит определять появление неисправностей на ранних этапах их образования и предотвращать их рост до развития в трудно устранимые повреждения или необходимости полной замены. Разрабатываемая методика является основой системы, которая позволит дистанционно определять текущее состояние стрелочного перевода со всеми возможными неисправностями. При помощи данной системы возможно определять как постепенные отказы, так и повреждения, которые возникают внезапно, и в режиме реального времени сообщать об их появлении.

Применение системы дистанционного диагностирования состояния стрелочных электроприводов в автоматизированном режиме позволит экономить время на поиски неисправностей, средства и объем работ по замене и ремонту вышедших из строя элементов оборудования, приведет к сокращению числа задержек поездов и значительному повышению безопасности движения.

Список литературы

1 **Буряк, С. Ю.** Исследование временной зависимости и спектрального состава сигнала в цепи стрелочных электродвигателей переменного тока / С. Ю. Буряк, В. И. Гаврилюк, О. А. Гололобова // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. – 2014. – № 6 (54). – С. 7–22.

2 **Иванов, Г. Я.** Электропривод и электрооборудование: учеб. пособие / Г. Я. Иванов, А. Ю. Кузнецов, В. В. Дмитриев : Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск. 2011. – 54 с.

3 Исследование диагностических признаков стрелочных электроприводов переменного тока / С. Ю. Буряк [и др.] Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. – 2013. – № 4 (52). – С. 7–22.

4 **Коган, Д. А.** Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики / Д. А. Коган, З. А. Эткин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1987. – 256 с.

5 **Коган, Д. А.** Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики / Д. А. Коган, М. М. Молдавский. – : Академкнига, 2003. – 438 с.

6 **Резников, Ю. М.** Электроприводы железнодорожной автоматики и телемеханики / Ю. М. Резников. – М. : Транспорт, 1985. – 288 с.

7 **Сороко, В. И.** Автоматика, телемеханика, связь и вычислительная техника на железных дорогах России : энциклопедия: в 2 т. Т. 1 / В. И. Сороко, В. М. Кайнов, Г. Д. Казиев. – М. : Планета, 2006. – 736 с., ил.

8 **Федотов, А. Е.** Техническое обслуживание централизованных стрелок / А. Е. Федотов, О. К. Кочмарская. – М. : Транспорт, 1988. – 96 с.

9 **Chaparro, L. F.** Signals and Systems Using MATLAB / L. F. Chaparro // Dep. of Electrical and Computer Eng. Univ. of Pittsburgh. – Amsterdam; Boston; Heidelberg; London; New York; Oxford; Paris; San Diego; San Francisco; Singapore; Sydney; Tokyo : Academic Press, 2011. – 752 p.

Получено 25.11.2015

S. Yu. Buryak. Foundations of automatic fault location turnouts.

Development and implementation the points system diagnostics that would allow determining automated and remotely the current state of turnout with all possible faults, gradual and sudden failures, damages, and in real time to report about their appearance is very necessary task in the high-speed traffic functioning. State determining on the values analysis of turnout main parameters is proposed to carry out with the help of a computer and analog-to-digital converter. Connecting measurements performance is advisable to produce to a shunt ammeter, installed in the working circuit of the point feed panel. Using it one can analyze the obtained data of the dependence of the change in the amplitude of the current time and current amplitude spectrum, which allows diagnosing state of points upon change the nature and values of the current curve. The proposed method enables timely, still in the early stages of defect parts, malfunctions or failures of nodes mechanisms to detect and eliminate them.

УДК 537.2.001.24

Д. В. КОМНАТНЫЙ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИМПУЛЬСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АКТИВНО-ИНДУКТИВНОЙ ВХОДНОЙ ЦЕПИ С ЗАЩИТНЫМ ПОЗИСТОРОМ МОДУЛЯ ПРИЕМА ДАННЫХ

Рассматриваются электромагнитные процессы, возникающие в снабженной защитным подавителем помех – позистором активно-индуктивной входной цепи приема данных при воздействии биэкспоненциального импульса помехи. Анализ осуществляется на основании правила Петерсона – Пффистера и метода кусочно-линейной аппроксимации. При анализе результатов расчетов установлена зависимость хода импульсных процессов в цепи и подавления помех от параметров элементов схемы. Обоснована необходимость математического моделирования работы схем с защитными элементами-позисторами при проектировании аппаратуры критически важных информационных систем.

Успешная работа и дальнейшее развитие Белорусской железной дороги на современном этапе требует обеспечения высокого уровня безопасности перевозочного процесса. Выполнить это возможно только путем внедрения микропроцессорных и микроэлектронных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). Эти системы относятся к классу критически важных информационных систем, к которым предъявляются особо высокие требования по функциональной безопасности и электромагнитной совместимости, зафиксированные в нормативной документации. Чтобы указанные системы удовлетворяли критериям помехоустойчивости и помехозащищенности, микропроцессорная и микроэлектронная аппаратура сигнализации, централизации и блокировки снабжается различными средствами защиты, в том числе подавителями кондуктивных широкополосных импульсных помех (СШИП). Одним из видов таких помех является электростатический разряд (ЭСР). Он достаточно широко распространен, способен вызвать неожиданные и труднообъяснимые сбои в работе СЖАТ и сходен по свойствам импульса и механизмам воздействия с другими видами СШИП. Поэтому изучение работы схем-подавителей помех оказывается актуальным для проектирования аппаратуры различных СЖАТ.

В настоящее время специально для подавления ЭСР разработаны позисторы, которые включаются последовательно с защищаемой нагрузкой [1]. Хотя данное техническое решение применяется достаточно часто, ни в отечественной [1, 2], ни в зарубежной [3, 4] литературе не описаны методы расчета цепей с защитными позисторами. В монографии [5], посвященной переходным процессам в цепях с термисторами, рассмотрены переходные процессы в простейшей последовательной RL -цепи с термистором, и источником постоянного напряжения. Также выведены передаточные функции термистора при воздействии на него потоков прямоугольных импульсов и импульсов включения, возникающих при работе датчиков с импульсной модуляцией сигнала. Следовательно, эти результаты недостаточны для анализа воздействия импульсных помех. Кроме того, к моменту выхода книги [5] тепловая инерционность термисторов была очень велика, что не позволяло использовать их в цепях защиты от быстропротекающих помех, но требовало учета этой инерционности при анализе переходных процессов. Современные модели позисторов-подавителей имеют малую тепловую

инерционность, следовательно, необходимо внести изменения и в методы расчета переходных процессов. Таким образом, задачей настоящей статьи является разработка методов расчета переходных процессов в цепи рецептора помех, снабженной защитным позистором, и исследование протекания этих процессов в зависимости от параметров этой цепи.

Для анализа переходных процессов используется схема замещения входной цепи приемника данных, подключенной к линии передачи данных (рисунок 1). Входная цепь включает в себя последовательно включенные позистор НЭ, омическое сопротивление нагрузки R_H , индуктивность L проводника между входным контактом приемника и линией связи. Линия передачи данных рассматривается как линия без потерь с не зависящим от частоты сигнала волновым сопротивлением z [6, 7].

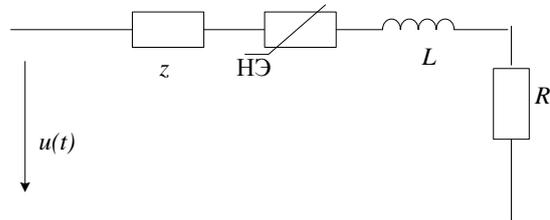


Рисунок 1 – Схема замещения входной цепи приемника данных

Согласно [8] принцип действия позистора заключается в том, что при достаточном нагреве протекающим током омическое сопротивление элемента резко возрастает на три порядка, что приводит к ограничению помехового тока. Ампер-вольтная характеристика позистора показана на рисунке 2, а зависимость омического сопротивления позистора от его температуры – на рисунке 3 [8].

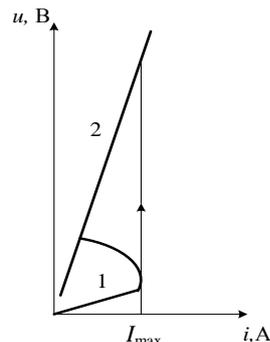


Рисунок 2 – Ампер-вольтная характеристика позистора

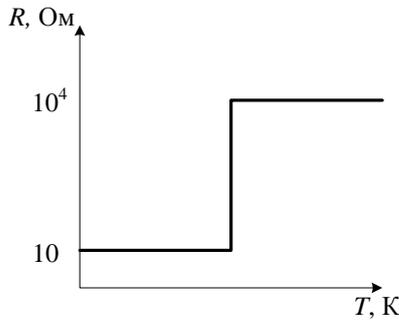


Рисунок 3 – Зависимость омического сопротивления позистора от его температуры

Ампер-вольтная характеристика позистора может быть описана выражением

$$\begin{cases} 0 \leq i \leq I_{\max} & i = \frac{u}{R_{п1}} \\ i > I_{\max} & i = \frac{u}{R_{п2}} \end{cases}, \quad (1)$$

где $R_{п1}$, $R_{п2}$ – омические сопротивления позистора на участках характеристики 1 и 2 соответственно.

Для расчета переходных процессов в линии с нелинейной нагрузкой применяется метод характеристик [6, 7]. Но к тем же расчетным выражениям приводит и метод Петерсона-Пффистера [9]. Выражение (1) показывает, что расчет процессов в нагрузке линии передачи данных по правилу Петерсона – Пффистера можно осуществить методом кусочно-линейной аппроксимации [5]. Для оценки работы подавителя рассматривается поступление в нагрузку первого (исходного) импульса помех, а последующие отражения импульса от нагрузки не рассчитываются.

Принимается, что в линию поступил импульс помехового напряжения биэкспоненциальной формы [10] вида

$$u(t) = A e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t}, \quad (2)$$

где A – амплитуда импульса, В; β_1 , β_2 – коэффициенты наклона экспонент, c^{-1} ; t – время, с.

Согласно принятому методу расчета, составляется уравнение, описывающее переходные процессы в схеме замещения на рисунке 1.

$$L \frac{di}{dt} + R_3 i = A e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t}, \quad (3)$$

где R_3 – эквивалентное омическое сопротивление цепи, Ом.

$R_3 = R_{п1} + z + R_n$ на участке 1 ампер-вольтной характеристики, $R_3 = R_{п2} + z + R_n$ на участке 2 характеристики. Такое определение эквивалентного сопротивления допустимо, так как при составлении схем замещения по правилу Петерсона – Пффистера волновое сопротивление линии принимается омическим [6].

Решения уравнения (3) имеют одинаковую математическую форму при нахождении рабочей точки схемы на обоих участках ампер-вольтной характеристики и отличаются только константой интегрирования. На

участке 1 эта константа определяется из условия равенства нулю тока цепи в нулевой момент времени по закону коммутации. На участке 2 константа определяется из условия непрерывности тока в цепи, которое основано как на законе коммутации, так и на ампер-вольтной характеристике позистора.

Уравнение (3) – неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка. Его решение может быть получено методом Лагранжа [11] в виде суммы общего решения соответствующего однородного дифференциального уравнения и частного решения неоднородного дифференциального уравнения.

Общее решение [12] хорошо известно и имеет вид

$$i = K e^{-\frac{R_3}{L} t}, \quad (4)$$

где K – константа интегрирования.

Частное решение уравнения (3) ищется по методу Лагранжа в виде

$$i = K t e^{-\frac{R_3}{L} t}. \quad (5)$$

Подстановка (5) в (3) и преобразования позволяют получить общее решение неоднородного уравнения в виде

$$i = \frac{A}{L(-\beta_1 + \frac{R_3}{L})} e^{-\beta_1 t} - \frac{A}{L(-\beta_2 + \frac{R_3}{L})} e^{-\beta_2 t} + K e^{-\frac{R_3}{L} t}. \quad (6)$$

На участке 1 по закону коммутации $i(0) = 0$. Тогда из (6) с учетом (1) получается формула для константы интегрирования

$$K_1 = \frac{A \beta_2 - \beta_1}{L(-\beta_2 + \frac{R_{31}}{L})(-\beta_1 + \frac{R_{31}}{L})}. \quad (7)$$

На участке (2) по условию непрерывности в момент времени t_n смены состояния позистора ток в цепи $i(t_n) = I_{\max}$. Тогда из (6) формула для константы интегрирования

$$K_2 = \frac{I_{\max} - \left(\frac{A}{L(-\beta_1 + \frac{R_{32}}{L})} e^{-\beta_1 t_n} - \frac{A}{L(-\beta_2 + \frac{R_{32}}{L})} e^{-\beta_2 t_n} \right)}{e^{-\frac{R_3}{L} t_n}}. \quad (8)$$

По полученным расчетным соотношениям выполнен анализ переходных процессов в цепи с $z = 100$ Ом, $R_n = 10^4$ Ом и варьируемым значением L . Предполагалось, что $R_{п1} = 10$ Ом, $R_{п2} = 18000$ Ом, $I_{\max} = 0,03$ А. Помеховый импульс ЭСР имеет параметры $A = 1,235 \cdot 10^4$ В, $\alpha_1 = 9,324 \cdot 10^7 c^{-1}$, $\alpha_2 = 3,871 \cdot 10^8 c^{-1}$. Эти параметры соответствуют испытанию на устойчивость к ЭСР по третьей степени жесткости с амплитудой импульса 6000 В.

По соотношению (6) и (7) построен график переходного процесса на участке 1 ампер-вольтной характеристики позистора (рисунок 4), по (6) и (8) – график переходного процесса на участке 2 характеристики (рисунок 5).

Анализ численных экспериментов и рисунков 4 и 5 позволяет сделать выводы:

– амплитуда импульса тока в нагрузке может быть снижена в три раза, но этот защитный эффект может оказаться недостаточным для электронных устройств;

– определяющее влияние на протекание переходных процессов оказывает индуктивность цепи, но изменять ее в широких пределах не представляется возможным, из-за необходимости обеспечивать целостность полезного сигнала [1, 7];

– вторыми по значимости факторами, определяющими переходный процесс в схеме, являются сопротивление позистора в высокоомном состоянии и ток переключения в это состояние.

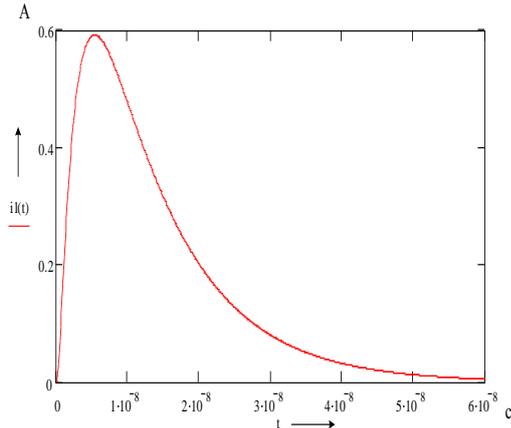


Рисунок 4 – График переходного процесса во входной цепи приемника данных при нахождении рабочей точки на участке 1 ампер-вольтной характеристики позистора

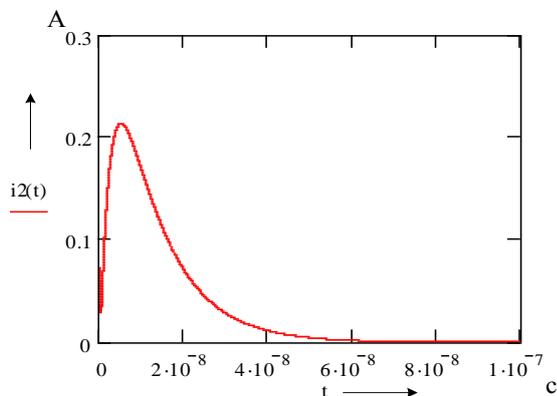


Рисунок 5 – График переходного процесса во входной цепи приемника данных при нахождении рабочей точки на участке 2 ампер-вольтной характеристики позистора

Таким образом, в силу сложности соотношений (6–8) для расчета переходных процессов и множества факторов, влияние которых на помехоподавляющие свойства схемы с защитным элементом нельзя выявить

Получено 10.10.2016

D. V. Komnaty. Pulse processes in input circuit with ohmic-resistor, inductor and protective posistor of data reception module. Electromagnetic processes arising in data reception input circuit with ohmic resistance, inductor, fitting by surge suppressor-posistor during the biexponential noise impulse influence are considered. Analysis is realized on grounds of Peterson – Pffister rule and piecewise-linear approximation. The impulse processes behavior and noise suppression dependence on circuit element parameters is established during the calculation results analysis. The necessity of circuits with protective elements-posistors operation modeling during the critical important information systems equipment design is grounded.

однозначно, для проектирования и обоснования выбора решений по подавлению СШИП в узлах электронной аппаратуры СЖАТ необходимо выполнение математического моделирования импульсных процессов в таких узлах. Для чего может применяться изложенная в статье методика? Следует отметить, что по сравнению с программами электротехнического моделирования предлагаемая методика построена на замкнутых выражениях ясного физического смысла, которые являются точными решениями дифференциальных уравнений переходных процессов в цепи. В этом состоит существенное преимущество предлагаемой методики. Реализация ее не вызывает затруднений. Поэтому результаты исследований, изложенные в данной работе, могут получить широкое практическое применение при разработке аппаратуры критически важных информационных систем, в том числе и железнодорожных.

Список литературы

- 1 **Кечиев, Л. Н.** Защита электронных средств от воздействия статического электричества / Л. Н. Кечиев, Е. А. Пожидаев. – М. : Технологии, 2005. – 352 с.
- 2 **Черепанов, В. П.** Защита радиоэлектронной аппаратуры от электрических перегрузок / В. П. Черепанов, Е. И. Посысаев. – М. : РадиоСофт, 2013. – 216 с.
- 3 **Vollman, S. H.** Electrical overstress (ESD). Devices, circuits and systems / S. H. Vollman. – Chichester : John Wiley and Sons Ltd, 2014. – 450 p.
- 4 **Weston, A.** Electromagnetic Compatibility : Principles and Applications / A. Weston. – N. Y. : Marcel Dekker, Inc., 2000. – 832 p.
- 5 **Волошин, И. Ф.** Переходные процессы в цепях с термисторами / И. Ф. Волошин, В. А. Палагин. – Минск : Наука и техника, 1967. – 244 с.
- 6 **Преснухин, Л. И.** Конструирование электронных вычислительных машин и систем / Л. И. Преснухин, В. А. Шахнов. – М. : Высш. шк., 1986. – 512 с.
- 7 **Князев, А. Д.** Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной техники с учетом электромагнитной совместимости / А. Д. Князев, Л. Н. Кечиев, Б. В. Петров. – М. : Радио и связь, 1989. – 224 с.
- 8 **Williams, B. W.** Power electronics / B. W. Williams. – Glasgow : University of Strathclyde, 2006. – 1499 p.
- 9 **Чурин, Ю. А.** Переходные процессы в линиях связи быстродействующих ЭВМ / Ю. А. Чурин. – М. : Сов. радио, 1975. – 207 с.
- 10 **Chen, H-Y.** Performance improvement of an ESD suppressor by studying its characteristics / H-Y. Chen, P-K. Le // 7th International Conference on Applied Electrostatics. – Bristol, UK. : IOP Publishing, 2012. – P. 1–5.
- 11 **Пономарев, К. К.** Специальный курс высшей математики / К. К. Пономарев. – М. : Высш. шк., 1974. – 367 с.
- 12 **Основы теории цепей** / В. Т. Зевеке [и др.]. – 5-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 572 с.

лишь его принадлежность к МПЦ железнодорожной станции Гатово;

– изделия эксплуатируются непрерывно в течение всего срока службы. Изделия предполагаются неремонтируемыми. Отказавшие блоки заменяются новыми;

– предполагается, что поток отказов блоков является простейшим (т. е. стационарным, ординарным и без последствия). Следовательно, время безотказной работы блоков имеет экспоненциальное распределение;

– блоки, находящиеся в технологическом запасе станций и дистанций сигнализации и связи в расчет не принимаются. Их работоспособное состояние при хранении не контролируется.

По указанным критериям в соответствии с [4] в качестве модели оценки интенсивности отказов используется следующее выражение [5]:

$$\lambda_B = \frac{\chi_{1-\alpha}^2}{T^*} \frac{2r+2}{r}, \quad (1)$$

где λ_B – верхняя граница одностороннего доверительного интервала для интенсивности отказов;

$\chi_{1-\alpha}^2$ – квантиль распределения Хи-квадрат с $2r+2$ степенями свободы уровня $1-\alpha$;

$1-\alpha$ – доверительная вероятность [6];

r – количество отказов в процессе исследований;

T^* – суммарная наработка всех изделий с учетом коэффициентов ускорения.

Подобная методика оценки интенсивности отказов широко применяется производителями радиоэлектронных компонентов для доверительной вероятности 0,6 [6]. В нашем исследовании будем использовать доверительную вероятность 0,9, характерную для более пессимистичной оценки, завышающую интенсивность отказов λ_B почти вдвое.

Использование статистической модели безотказности (1) наглядно поясняется таблицей 3.

Таблица 3 – Результаты статистической оценки интенсивности отказов блоков

Показатель	Блок ТУ	Блок ТС
Суммарная наработка T^* , ч	4488048	4054464
Количество отказов блоков r	1	0
Число степеней свободы распределения Хи-квадрат	4	2
Доверительная вероятность $1-\alpha$	0,9	0,9
Квантиль распределения Хи-квадрат $\chi_{1-\alpha}^2$ $2r+2$	7,7794	4,6052
Верхняя граница доверительного интервала для интенсивности отказов λ_B , 1/ч	8,67E-07	5,68E-07

Таким образом, с вероятностью 0,9 истинная интенсивность отказов блоков ТУ8Б не превышает $8,67 \cdot 10^{-7}$, а интенсивность отказов блоков ТС16Б не превышает $5,68 \cdot 10^{-7}$ 1/ч. Полученные значения могут использоваться в качестве оценок интенсивностей отказов данных блоков.

Получено 30.09.2016

D. N. Shevchenko. Statistical estimation of failure rate of standard subsystems of the executive level domestic MPC. Indicators of reliability of standard blocks TU8B and TS16B microprocessor centralization (MPC) are considered. Statistical estimates the intensity of failures units derived from operational data. The results were significantly lower than the existing theoretical estimates obtained for the additional assumptions. Using a refined statistical estimates more than justified and does not lead to artificially low levels of reliability MPC.

Заключение. Отечественными системами МПЦ в настоящее время оборудованы лишь малые станции с небольшой эксплуатационной работой. При этом, блоки ТУ8Б обычно пребывают в режиме ожидания с малым коэффициентом электрической нагрузки. Поэтому деградационные процессы в блоках ТУ8Б, связанные с повышенным потреблением энергии (при работе подсистемы умножителей напряжения) сказываются незначительно, и полученная оценка интенсивности отказов может считаться несколько заниженной. Однако данная методическая погрешность с запасом компенсируется тем, что суммарная наработка блоков T^* не учитывает длительность пуско-наладочных работ и опытной эксплуатации, что завышает расчетную интенсивность отказов.

Использование полученных в работе оценок интенсивности отказов блоков ТУ8Б и ТС16Б на практике вполне обосновано тем, что они получены на априорно более адекватной модели безотказности; с использованием доверительной вероятности 0,9, существенно превышающей значение 0,6, рекомендованное для исследований безотказности радиоэлектронных изделий общего применения.

Полученные в работе значения интенсивности отказов блоков ТУ8Б и ТС16Б существенно ниже (в 72 и 32 раза соответственно), чем уже имеющиеся теоретические оценки. Последний факт позволяет констатировать более высокий (чем считалось ранее) уровень надежности отечественных МПЦ, что важно при сертификационных испытаниях, тендерах на внедрение; позволяет снизить требования к составу и количеству запасных блоков ТУ8Б и ТС16Б на станциях, времени их восстановления, а также (при необходимости) снизить требования к безотказности других подсистем МПЦ.

Список литературы

1 Анализ безотказности структур современных микропроцессорных централизаций / А. В. Логвиненко // Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте : сб. докладов Пятой международной научно-практической конференции «ТрансЖАТ-2010». – Ростов н/Д. – С. 246–253.

2 **Справочник** «MIL-HDBK-217F Reliability Prediction of Electronic Equipment». – Министерство обороны США, 1991. – 205 с.

3 **Справочник** «Надежность ЭРИ» – М. : М-во обороны РФ, 2006. – 614 с.

4 **ГОСТ Р 27.607-2013** Надежность в технике. Управление надежностью. Условия проведения испытаний на безотказность и статистические критерии и методы оценки их результатов.

5 **ГОСТ Р 50779.26-2007** (МЭК 60605-4:2001) Статистические методы. Точечные оценки, доверительные, предикционные и толерантные интервалы для экспоненциального распределения.

6 **ECSS-Q-HB-30-08A** (14 January 2011) Space product assurance. Components reliability data sources and their use.

УДК 625.25.071.8

Д. Н. ШЕВЧЕНКО, кандидат технических наук, И. Н. КРАВЧЕНЯ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; В. К. ГОЛИК, магистр технических наук, Белорусская железная дорога, г. Минск

ОПТИМИЗАЦИЯ ШТАТА РТУ СЦБ ДИСТАНЦИЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ ПРИ ИХ ОБЪЕДИНЕНИИ

Рассмотрены достоинства и недостатки выделения ремонтно-технологических участков (РТУ) дистанций сигнализации и связи (ШЧ) в единое подразделение Бел. ж. д. Предложена математическая модель для определения штатной численности нового подразделения. Показана экономическая эффективность объединения РТУ на примере ШЧ Гомельского отделения и возможность оптимизации штата подразделения.

Введение. В настоящее время на Бел. ж. д. эксплуатируется более 150 типов аппаратуры сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), среди которых 640 тысяч реле, фильтры, усилители, генераторы и проч. Ремонт и периодическая проверка аппаратуры СЦБ выполняется в ремонтно-технических участках (РТУ СЦБ) дистанций сигнализации и связи (ШЧ).

Большая номенклатура аппаратуры СЦБ и жесткие требования к своевременности ее проверки заставляют в РТУ СЦБ каждого из 15 ШЧ Бел. ж. д. содержать большой штат квалифицированных электромехаников (ШН) и электромонтеров (ШЦМ). Современные тенденции оптимизации численности сотрудников предприятий вынуждают искать новые более эффективные способы организации работы. Один из таких вариантов – объединение РТУ СЦБ различных ШЧ в единое самостоятельное подразделение.

Преимущества и недостатки объединения РТУ СЦБ. Объединение РТУ СЦБ нескольких ШЧ в единое подразделение имеет ряд очевидных преимуществ.

1 Оптимизация штата. Подтверждение этого преимущества выполняется в следующей части данной статьи.

2 Минимизация количества аппаратуры СЦБ, находящихся в технологическом запасе РТУ СЦБ. В настоящее время стандарт отрасли [1] регламентирует нормы обменного фонда сменяемой аппаратуры СЦБ. В среднем эта норма составляет 10–12 % от количества аппаратуры, эксплуатируемой в каждом ШЧ и должна обеспечивать разовую замену аппаратуры на самом протяжённом перегоне автоблокировки конкретной ШЧ. Таким образом, объединяя РТУ СЦБ нескольких ШЧ фактический обменный фонд возрастает в разы, а норма не изменяется (при этом, однако, следует разнести во времени замены аппаратуры на различных участках ж. д.

3 Минимизация количества оборудования, энерго- и трудозатрат на проверку и ремонт аппаратуры СЦБ (за счет использования специальных стендов). РТУ СЦБ должны специализироваться на небольшом количестве аппаратуры, имея для этого специальные средства автоматизации. При этом следует перенаправлять потоки аппаратуры в те РТУ СЦБ, которые обеспечивают минимальные сроки проверки и ремонта.

4 Единое управление и система повышения квалификации.

5 Улучшение качества проверки и ремонта аппаратуры СЦБ в связи с большей специализацией персонала и использования специального оборудования.

6 Равномерная загрузка работников РТУ СЦБ в связи с возможностью перераспределения потоков проверяемой аппаратуры между ШЧ.

7 Новое объединенное подразделение РТУ СЦБ будет заинтересовано в закупке специальных стендов для автоматизации работ. Срок окупаемости таких стендов будет невелик. В настоящее время ШЧ не покупают подобных стендов ввиду их большого срока окупаемости в масштабах одной дистанции.

Наряду с достоинствами объединение РТУ СЦБ имеет ряд недостатков:

- 1) рассредоточенная структура;
- 2) необходимость эффективного управления потоками проверяемой и ремонтируемой аппаратуры для минимизации транспортных расходов и обеспечения равномерной загрузки работников;
- 3) увеличиваются затраты на транспортировку аппаратуры СЦБ;
- 4) нестабильность работы структуры на начальном этапе.

Математическая модель оптимизации штата, объединенного РТУ СЦБ. Для обоснования возможности оптимизации штата сотрудников РТУ СЦБ предлагается следующая математическая модель массового обслуживания. Её графическое изображение дано на рисунке 1.

Аппаратура СЦБ i -го типа поступает в РТУ СЦБ образует два потока: поток отказавшей аппаратуры и поток периодически проверяемой аппаратуры.

Интервалы времени между поступлением аппаратуры в ремонт имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью

$$\lambda_i^* = n_i \lambda_i, \quad (1)$$

где n_i – количество аппаратуры i -го типа, обслуживаемой в РТУ СЦБ;

λ_i – интенсивность отказов аппаратуры i -го типа, определяемая статистически, $1/\text{ч}$.

Интервалы времени между поступлением аппаратуры для проверки имеют равномерное распределение со средним значением

$$m_i^* = T_i + t_i / 2n_i, \quad (2)$$

где T_i и t_i – соответственно, максимальная и минимальная периодичность проверки аппаратуры i -го типа (для различных условий эксплуатации), ч [2].

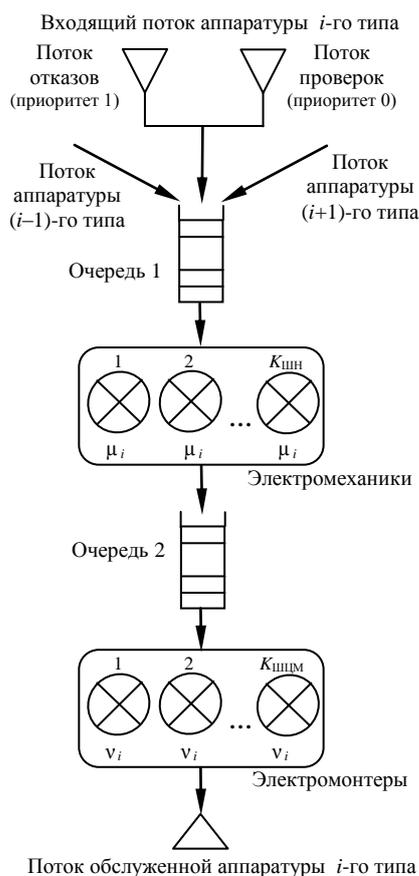


Рисунок 1 – Концептуальная модель обслуживания аппаратуры СЦБ

Поступившая аппаратура ожидает обслуживания в Очереди 1 и поступает на обслуживание к одному из $K_{ЭМ}$ свободных электромехаников. После обслуживания электромехаником аппаратура поступает в очередь 2 и на обслуживание одним из $K_{ЭММ}$ электромонтеров. Аппаратура, поступившая в ремонт (после отказа), обслуживается с большим приоритетом, чем проверяемая аппаратура.

Время обслуживания аппаратуры i -го типа подчинено равномерному закону распределения со средним значением, равным нормативному значению времени проверки/ремонта аппаратуры электромехаником μ_i и электромонтером ν_i [3].

После проверки/ремонта аппаратура покидает систему массового обслуживания.

Процедура имитационного моделирования выполняется с учетом 8-часового рабочего дня, 5-дневной рабочей недели, праздничных и отпусковых дней. Длительность моделирования составляет 30 лет, что соответствует двум наибольшим межпроверочным периодам аппаратуры СЦБ (15 лет) [2].

В качестве критериев, используемых для определения оптимального числа работников РТУ СЦБ, будем рассматривать коэффициенты загрузки:

- электромехаников;
- электромонтеров.

Допустимый коэффициент загрузки работников РТУ СЦБ (с учетом уровня автоматизации и специфики работ) принимается равным 0,85–0,9. Это значение обусловлено следующими обстоятельствами. Коэффициент загрузки машиниста при ведении поезда по горному участку в соответствии с расписанием в среднем равен 0,72, а в режиме ликвидации опоздания возрастает до 0,79 [4]. Допустимое значение коэффициента загрузки диспетчера управления воздушным движением принимается равным 0,55; а предельно допустимое значение – 0,7 [5]. Коэффициент загрузки поездного диспетчера (ДПЦ) для систем четвертой категории сложности (по тяжести и напряженности труда) и работам группы «В» (по режиму работы с компьютером) не должен превышать 0,75 [6].

Реализация модели. Предложенная модель массового обслуживания реализована в пакете автоматизации имитационного моделирования GPSS World [7]. При этом на примере трех ШЧ Гомельского отделения Бел. ж. д. были реализованы две следующие стратегии обслуживания.

Стратегия 1 (обслуживание по принадлежности). Каждый РТУ СЦБ обслуживает только аппаратуру своего ШЧ (существующая стратегия, рисунок 2, а).

Стратегия 2 (обслуживание по специализации). Проверяемая аппаратура направляется в один из РТУ СЦБ, который специализируется на обслуживании данного типа аппаратуры (рисунок 2, б).

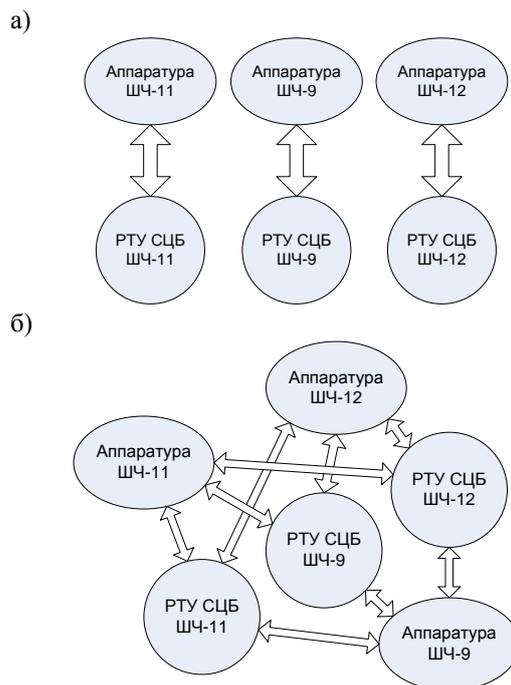


Рисунок 2 – Стратегии обслуживания аппаратуры СЦБ

Допущения модели

1 Все работники РТУ СЦБ могут обслуживать все виды аппаратуры.

2 Время обслуживания аппаратуры определяется существующими нормативами. Хотя в некоторых РТУ СЦБ уже используются средства автоматизации.

3 Ранее отмечалось, что аппаратура СЦБ весьма разнообразна (более 150 типов), и учитывать в имитационной модели все ее особенности затруднительно (ведет к

усложнению модели и проблеме получения исходных данных). Поэтому выполним объединение аппаратуры СЦБ 10 классов. Внутри класса основные показатели аппаратуры (интенсивность отказов, минимальная и максимальная периодичность проверки, нормативное время проверки) должны быть наиболее близки между собой. Для кластеризации аппаратуры используем метод «дальнего соседа» (Complete Linkage, Furthest Neighbor), который подразумевает, что новый объект присоединяется к тому классу, самый далекий элемент которого находится ближе к новому объекту, чем самые далекие элементы других классов. Данный метод тяготеет к выделению большого числа компактных кластеров, состоящих из наиболее похожих элементов. Внутри класса основные характеристики аппаратуры определяются средневзвешенным значением с учетом их количества.

4 В имитационной модели учитываются только работники РТУ СЦБ, занимающиеся проверкой и ремонтом аппаратуры. Штатные сотрудники, участвующие в замене аппаратуры на ж. д. участках, в модели не учитываются.

Полученные результаты. Результаты имитационного моделирования РТУ СЦБ по двум стратегиям (см. рисунок 2) представлены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Из таблицы 1 видно, что РТУ СЦБ ШЧ-9 (Гомель) работает в режиме перегрузки, что отрицательно сказывается на качестве работы. Для нормализации коэффициента загрузки требуется увеличить штат ШЧ-9 на 4 работника. Аналогичная ситуация характерна для ШЧ-12 (Жлобин), где требуется 2 дополнительных работника. А в ШЧ-11 (Калинковичи), напротив, штат работников можно сократить на 2 единицы.

Таблица 1 – Имитационное моделирование стратегии 1

РТУ СЦБ		Фактически		Оптимально	
		Количество	Коэффициент загрузки	Количество	Коэффициент загрузки
ШЧ-9	ШН	14	1	16	0,901
	ШЦМ	5	0,998	7	0,776
	Всего	19	0,9995	23 (+4)	0,8630
ШЧ-11	ШН	16	0,787	14	0,9
	ШЦМ	6	0,823	6	0,823
	Всего	22	0,7968	20 (-2)	0,8769
ШЧ-12	ШН	13	0,969	14	0,9
	ШЦМ	5	0,915	6	0,762
	Всего	18	0,9540	20 (+2)	0,8586

В итоге при существующей стратегии обслуживания аппаратуры (рисунок 2, а) РТУ СЦБ Гомельского отделения Бел. ж. д. требуется 4 дополнительных работника.

Рассматривая результаты моделирования, объединенного (в рамках Гомельского отделения) РТУ СЦБ,

Получено 17.03.2016

D. N. Shevchenko, I. N. Kravchenya, V. K. Holik. Staff RTS ASCB optimization of distances alarm system and communication at their combination.

The merits and demerits of combination repair and technological sites (RTS) of distances alarm system and communication (ShCh) to uniform division of the Belarusian railway are considered. The mathematical model can be used for determination staff number of the new division. Economic efficiency of RTS combination is shown on the example of the Gomel ShCh. The possibility of staff optimization is shown.

можно заметить, что для нормализации его коэффициента загрузки требуется всего 2 дополнительных сотрудника вместо 4 при использовании существующей стратегии, когда каждый участок обслуживает аппаратуру только своей дистанции.

Таблица 2 – Имитационное моделирование стратегии 2

РТУ СЦБ	Фактически		Оптимально	
	Количество	Коэффициент загрузки	Количество	Коэффициент загрузки
ШН	43	0,921	44	0,9
ШЦМ	16	0,938	17	0,883
Всего	59	0,9256	61 (+2)	0,8953

Заключение. 1 В работе показано, что существующий штат РТУ СЦБ различных ШЧ не оптимизирован. Многие участки работают с перегрузкой.

2 За счет перехода от стратегии обслуживания аппаратуры СЦБ по принадлежности к ШЧ к новой стратегии обслуживания «по специализации» РТУ СЦБ можно выровнять и несколько снизить коэффициент загрузки работников.

3 С учетом прочих преимуществ объединение РТУ СЦБ нескольких ШЧ весьма актуально.

4 Предложенная математическая модель учитывает вероятностный характер потока отказавшей аппаратуры и времени ее проверки и ремонта. Она может использоваться как для определения нормативного штата РТУ СЦБ, так и для его оптимизации при изменении структуры подразделений РТУ СЦБ, автоматизации технологических процессов или некоторых его этапов.

Список литературы

1 СТП 19.284–2014. Организация работ в ремонтно-технологическом участке сигнализации, централизации и блокировки дистанции сигнализации и связи.

2 СТП 09150.19.058–2007. Требования к техническому обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки.

3 Типовые нормы на проверку и ремонт аппаратуры СЦБ в РТУ. – Перераб. и доп. – М. : Трансиздат, 2001. – 131 с.

4 Оптимальное плечо для машиниста // Локомотив. – № 8. – 2005.

5 Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 31 марта 2008 г. № 43 "Об утверждении авиационных правил "Методика определения пропускной способности органов диспетчерского обслуживания воздушного движения".

6 Требования эргономики и методики НИИ труда по комплексной оценке работы.

7 Шевченко, Д. Н. Имитационное моделирование на GPSS: учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей / Д. Н. Шевченко, И. Н. Кравченя. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 97 с.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель;
С. Н. КАРАСЕВИЧ, кандидат технических наук, ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», г. Москва; А. Н. СТАРОВОЙТОВ, кандидат физико-математических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

**РАЗРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ ЗАДАНИЙ РЕГИОНАМ
ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

В качестве основного метода снижения дорожно-транспортной аварийности во многих странах мира эффективно используется программно-целевой подход к решению проблем обеспечения безопасности дорожного движения (БДД), реализуемый через осуществление целевых программ на общегосударственном и региональном уровнях. Установление индивидуальных целевых заданий для каждого региона является залогом успешного достижения общегосударственных целей по обеспечению БДД.

Рассмотрены результаты анализа динамики дорожно-транспортной аварийности в России и реализован методический подход к определению статистики факторов, значимо влияющих на исследуемые показатели состояния БДД в субъектах Российской Федерации, основанный на применении методов регрессионного анализа и предусматривающий использование прикладных компьютерных программ, применяемых при решении задач в статистической постановке. Приведено обоснование вида модели и оказывающих влияние факторов. Результаты проведенных исследований использованы при разработке механизма установления индивидуальных целевых заданий для субъектов Российской Федерации по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности на период реализации программных мероприятий.

Кнастоящему времени в Российской Федерации (РФ) сложилась и устойчиво функционирует государственная система обеспечения БДД, являющаяся неотъемлемой частью социально-экономической инфраструктуры общества. В качестве основного метода снижения дорожно-транспортной аварийности и тяжести ее последствий эффективно используется программно-целевой подход к решению проблем обеспечения БДД, осуществляемый через формирование и реализацию федеральной, региональных и муниципальных целевых программ по повышению БДД. Однако до настоящего времени отмечается недостаточная эффективность деятельности органов управления в сфере обеспечения БДД при реализации программно-целевого подхода, что в особенности связано с отсутствием действенных механизмов установления целевых заданий для субъектов РФ по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности. Оценивая существующую практику, следует признать острую необходимость повышения эффективности деятельности по управлению обеспечением БДД за счет индивидуального подхода к формированию целевых заданий применительно к конкретному субъекту РФ. Установление обоснованных целевых заданий и отслеживание успехов и недостатков в регионах является ценным средством снижения уровня дорожно-транспортного травматизма и выделения областей, требующих принятия дополнительных мер.

Целью федеральной целевой программы (ФЦП) «Повышение БДД в 2013–2020 гг.», утвержденной постановлением Правительства РФ от 03.10.2013 года № 864 является сокращение смертности от дорожно-транспортных происшествий (ДТП) к 2020 году на 8 тысяч человек (28,82 %) по сравнению с 2012 годом [1]. При этом эффективность реализации этой программы характеризуется степенью достижения следующих целевых показателей и индикаторов:

- количество погибших в ДТП;
- количество погибших в ДТП детей;

– социальный риск (число лиц, погибших в ДТП, на 100 тыс. населения);

– транспортный риск (число лиц, погибших в ДТП, на 10 тыс. транспортных средств).

Цели, заложенные в ФЦП, являются выражением национальных амбиций в области обеспечения БДД на рассматриваемый период времени. Количественные целевые показатели и индикаторы представляют собой результаты проводимых работ по обеспечению БДД, которые страна или отдельный субъект РФ хочет добиться в течение определенного периода времени (в данном случае – в период действия ФЦП).

Несмотря на целенаправленную работу и активные действия, которые предпринимаются в России в рамках последовательной реализации ФЦП, обстановка с дорожно-транспортной аварийностью по-прежнему остается сложной.

Ежегодно в РФ в результате ДТП погибают и получают ранения около 280 тыс. человек, что представляет угрозу национальной безопасности государства. Демографический ущерб от ДТП в России за 8 лет (с 2006 по 2013 годы) характеризуется гибелью 233 163 человек, в т.ч. 7 978 детей в возрасте до 16 лет. Динамика количества погибших в ДТП людей за период с 2006 по 2013 годы в РФ представлена на рисунке 1, а количества погибших в ДТП детей – на рисунке 2.

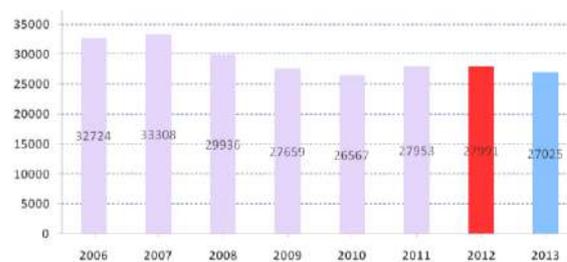


Рисунок 1 – Динамика количества погибших в ДТП на территории РФ

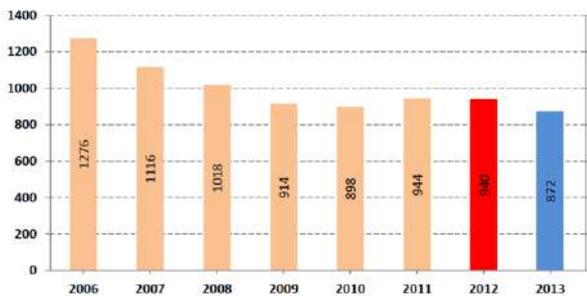


Рисунок 2 – Динамика количества погибших в ДТП детей на территории РФ

Анализ рисунков 1 и 2 свидетельствует о том, что, несмотря на проводимую работу, количество погибших в ДТП, в т.ч. детей, снижается относительно медленно и нестабильно. Устойчивой и однозначной динамики снижения гибели людей в ДТП за анализируемый период достигнуть не удалось. Локальные положительные тренды на протяжении 2–4 лет сменяются новой фазой роста смертности в диапазоне от 2 до 3 лет. Однако необходимо отметить наличие общей положительной динамики снижения рассматриваемых показателей смертности за анализируемый период времени.

Снижение численности погибших в ДТП, в том числе детей, социальных и транспортных рисков наблюдается на фоне стремительно растущего в стране автомобильного парка, который составляет в России уже более 53 миллионов автотранспортных средств (рисунок 3). В то же время следует учесть, что, несмотря на положительные тенденции по снижению количества погибших, смертность от ДТП продолжает занимать одно из основных мест в структуре причин смертности людей, в том числе детей в возрасте до 15 лет [2].

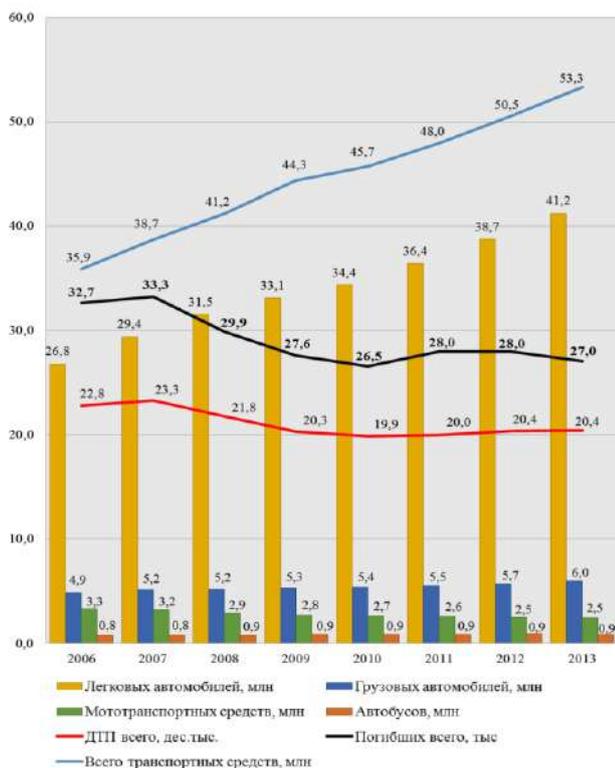


Рисунок 3 – Динамика дорожно-транспортной аварийности и уровня автомобилизации в России за период с 2006 по 2013 гг.

Общие изменения в лучшую сторону количества погибших в ДТП и числа погибших в ДТП детей, транспортного и социального рисков за период с 2006 по 2013 гг. говорят об эффективности политики, проводимой в сфере обеспечения БДД государством. Однако по сравнению с наиболее развитыми странами мира дорожное движение в России характеризуется значительно более высокой опасностью и тяжестью последствий от дорожно-транспортной аварийности [2].

С целью более подробного анализа обстановки с дорожно-транспортной аварийностью, сложившейся в период с 2006 по 2013 гг. на территории каждого субъекта РФ рассмотрены значения показателей и индикаторов, которые характерны для каждого из регионов. Фрагменты такого анализа приведены на рисунках 4 и 5, на которых видно, что распределение количества погибших в ДТП по субъектам РФ характеризуется большой неравномерностью.

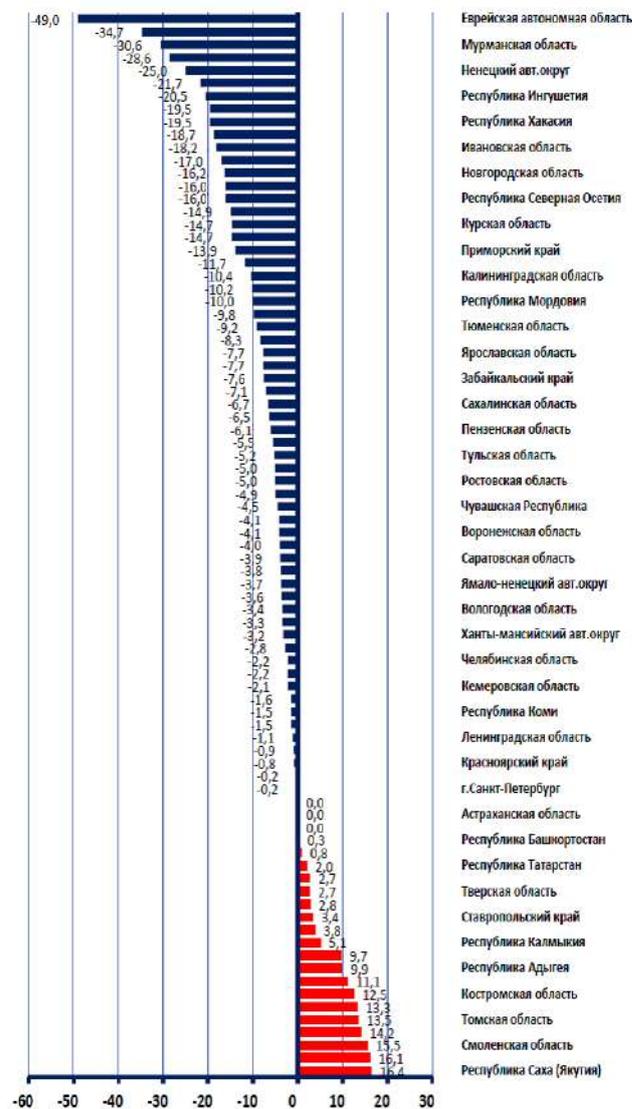


Рисунок 4 – Динамика изменения количества погибших в ДТП в 2013 г. по сравнению с 2012 г. в субъектах РФ (в процентах)

Аналогичная ситуация наблюдается и с распределением социальных и транспортных рисков, что обусловлено индивидуальностью каждого региона.

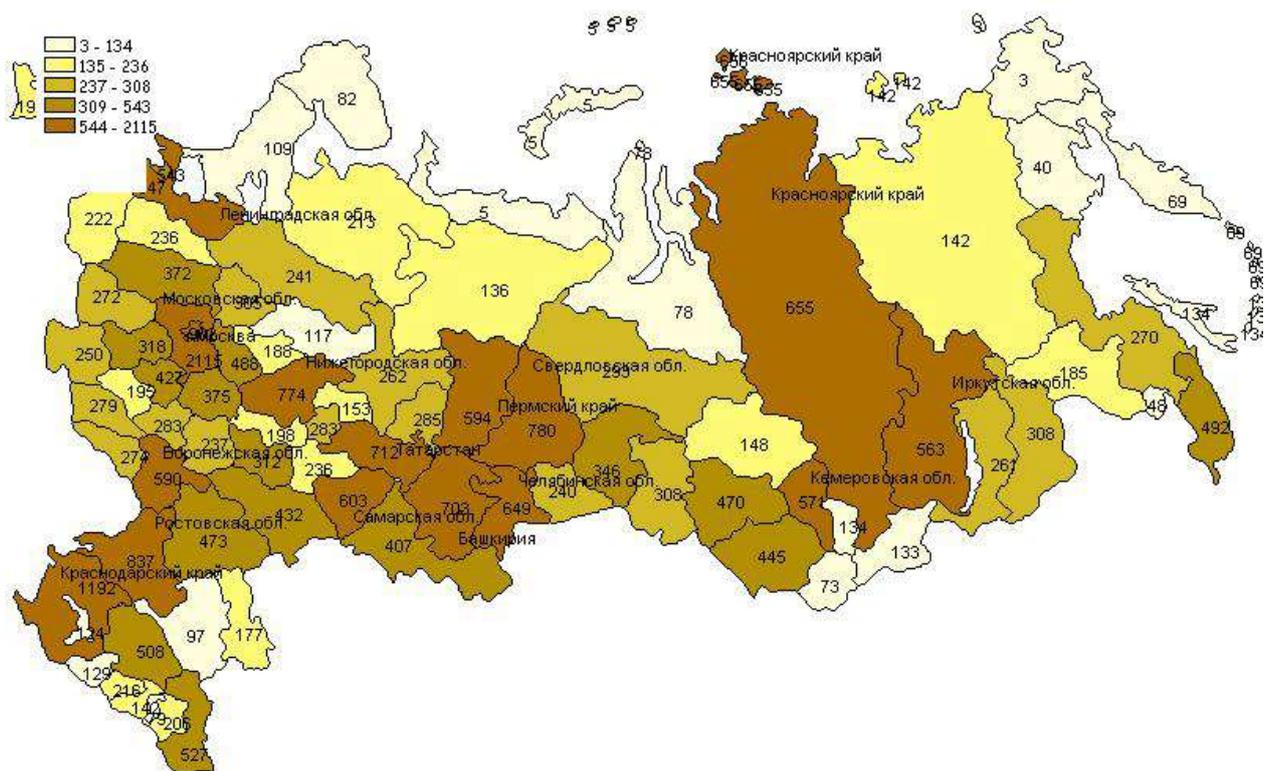


Рисунок 5 – Распределение среднего числа погибших в ДТП по субъектам Российской Федерации за период с 2006 по 2013 гг.

Исходя из тех объективных обстоятельств, что количество факторов, влияющих на БДД, велико и действие их многовариантно, для комплексной (интегральной) оценки состояния дорожно-транспортной аварийности в регионах РФ определен перечень факторных показателей и выполнена оценка значимости влияния данных показателей на анализируемые целевые индикаторы и показатели федеральной программы повышения БДД. В качестве исследовательского инструментария для такой оценки применены методы регрессионного анализа, позволяющие исследовать влияние независимых переменных на зависимую, получить формализованную запись такой зависимости и оценить ее статистические характеристики. Использованы доступные данные официальной статистики Росстата в разрезе всех субъектов РФ за 2012 г. и данные ГИБДД по ДТП за этот же период [3]. При проведении анализа учитывалось влияние на показатели аварийности следующих факторов для каждого субъекта РФ:

- численность населения (X_1);
- число собственных легковых ТС на 1000 человек населения (X_2);
- число автобусов общего пользования на 100 тыс. человек населения (X_3);
- число больничных коек на 10 тыс. человек населения (X_4);
- численность врачей на 10 тыс. человек населения (X_5);
- численность обучающихся в государственных и муниципальных общеобразовательных учреждениях (X_6);
- денежные доходы населения по субъектам РФ (X_7);
- среднемесячная номинальная начисленная заработная плата (X_8);
- величина прожиточного минимума, установленная в субъекте Федерации (X_9);
- площадь территории (X_{10}).

Перечисленный набор однородных для всех субъектов РФ факторных показателей не является исчерпывающим и может быть успешно модифицирован при наличии дополнительных исходных данных.

Опыт использования закона Смита и проверка его адекватности на примерах различных стран [4 – 6] делает логичным и обоснованным использование в качестве регрессионной модели мультипликативного вида

$$Y_j = \bar{b}_0 \prod_{i=1}^k X_{ij}^{\alpha_i} \varepsilon_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где Y_j – j -е значение зависимой переменной; X_{ij} – j -е значение i -й независимой переменной; $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ – параметры модели; ε_j – j -е случайное отклонение.

Соответствующее этой модели уравнение регрессии будет иметь вид

$$\bar{Y}(X_1, X_2, \dots, X_k) = \bar{b}_0 \prod_{i=1}^k X_i^{\beta_i}. \quad (2)$$

Применяя для указанной модели логарифмическое преобразование, можно получить следующую модель:

$$\ln Y_j = \ln \bar{b}_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln X_{ij} + \ln \varepsilon_j. \quad (3)$$

Соответствующее полученной модели уравнение регрессии примет вид

$$\ln \bar{Y}(X_1, X_2, \dots, X_k) = \ln \bar{b}_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln X_i. \quad (4)$$

Вводя замену переменных

$$Z = \ln Y, F_i = \ln X_i, v_0 = \ln \bar{b}_0, e_j = \ln \varepsilon_j,$$

модель (4) можно свести к модели множественной линейной регрессии

$$Z_j = v_0 + \sum_{i=1}^k \bar{b}_i F_{ij} + e_j, \quad (5)$$

относительно которой будет предполагаться выполнение классических модельных предположений (случайные отклонения e_j – независимые нормально распределенные случайные величины с математическим ожиданием равным нулю и постоянной дисперсией).

Уравнение регрессии примет вид

$$Z(F_1, F_2, \dots, F_k) = v_0 + \sum_{i=1}^k \bar{b}_i F_i. \quad (6)$$

Следовательно, модель (1) сводится к модели (5), к которой применимы стандартные методы регрессионного анализа, которые и были использованы для нахождения оценок параметров модели (6) и проверки ее адекватности. Задача отбора факторов, наиболее значимо влияющих на зависимую переменную, решена с помощью пошагового регрессионного анализа.

Для упрощения процедур вычислений и реализации других необходимых процедур статистической обработки данных использовался прикладной пакет Statgraphics Centurion XV.

На первом этапе выполнялось построение зависимости N_p – числа погибших в ДТП от рассматриваемых факторов $X_1 - X_k$ и результаты проверки адекватности модели.

Получено следующее уравнение регрессии:

$$\begin{aligned} \text{LN}(N_p) = & 3,31451 + 0,440677\text{LN}(X_1) + \\ & + 0,947532\text{LN}(X_2) + 0,00215711\text{LN}(X_3) - \\ & - 0,0483292\text{LN}(X_4) - 0,466655\text{LN}(X_5) + 0,488144\text{LN}(X_6) - \\ & - 0,692394\text{LN}(X_7) - 0,113302\text{LN}(X_8) + 0,176291\text{LN}(X_9) + \\ & + 0,00185495\text{LN}(X_{10}). \end{aligned}$$

Проверка гипотезы о значимости построенного уравнения регрессии выполнена с помощью дисперсионного анализа. Проверяемая и альтернативная гипотезы имеют вид

$$\begin{aligned} H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0; \\ H_a: \bar{H}_0. \end{aligned}$$

При проверке гипотезы использована статистика Фишера. Результаты проверки гипотезы о значимости построенного уравнения регрессии показали, что достигаемый уровень значимости равен 0, что указывает на значимость уравнения регрессии, коэффициент детерминации равен 93,0912 %, что говорит о том, что полученное уравнение регрессии объясняет 93,1 % изменений зависимой переменной.

Гипотеза о статистической значимости i -го параметра уравнения регрессии имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} H_0: \alpha_i = 0; \\ H_a: \alpha_i \neq 0. \end{aligned}$$

Для проверки этой гипотезы используется статистика Стьюдента. Результаты проверки гипотез о статистической значимости каждого из параметров уравнения регрессии показали, что в некоторых случаях проверяемая гипотеза H_0 не отклоняется, т.е. параметр незначимо отличается от нуля и, следовательно, соответствующий фактор может быть удален из модели без существенного ухудшения последней, при условии, что остальные факторы останутся.

Для отбора факторов, статистически значимо влияющих на зависимую переменную, использовался пошаговый регрессионный анализ (метод исключения). Процедура метода исключения заключается в следующем.

В результате пошагового регрессионного анализа получено следующее уравнение регрессии:

$$\begin{aligned} \text{LN}(N_p) = & 3,19657 + 0,910798\text{LN}(X_1) + 0,794861\text{LN}(X_2) - \\ & - 0,485888\text{LN}(X_5) - 0,669372\text{LN}(X_7). \end{aligned}$$

Результаты проверки гипотезы о значимости построенного уравнения регрессии показали, что уравнение регрессии значимо, а построенное уравнение регрессии объясняет 92,7 % изменений зависимой переменной. Результаты проверки гипотезы о статистической значимости параметров уравнения регрессии показали, что каждый из параметров полученного уравнения регрессии значимо отличается от нуля.

С целью проверки модельных предположений проведен анализ остатков. Проверка гипотезы о некоррелированности остатков производилась с помощью теста Дарбина – Уотсона. Значение критерия Дарбина – Уотсона равно 2,06826. Достигаемый уровень значимости $P\text{-Value} = 0,5867$. Следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза о некоррелированности остатков не отвергается на уровне значимости 0,05. Также был проведен графический анализ остатков, который не выявил нарушений модельных предположений.

В результате проведенный анализ позволил сделать вывод об адекватности уравнения регрессии вида

$$N_p = 24,44853X_1^{0,9108} X_2^{0,7949} X_5^{-0,4859} X_7^{-0,6694}. \quad (7)$$

Следовательно, на количество погибших в ДТП статистически значимо влияют следующие факторы:

X_1 – численность населения;

X_2 – число собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения;

X_5 – численность врачей на 10 тыс. человек населения;

X_7 – денежные доходы населения по субъектам РФ.

По аналогичной методике были установлены факторы, значимо влияющие на количество погибших в ДТП детей. Получен следующий вид этой зависимости:

$$N_d = 130,91653X_6^{0,8861} X_7^{-0,705}. \quad (8)$$

Из полученного уравнения видно, что на количество погибших в ДТП детей (N_d) значимо влияют следующие факторы:

X_6 – численность обучающихся в государственных и муниципальных общеобразовательных учреждениях;

X_7 – денежные доходы населения по субъектам РФ.

Учитывая, что факторные показатели, влияющие на количество погибших в ДТП, и вид их влияния установлены, производить поиск таких же зависимостей для относительных индикаторов ФЦП (транспортный и социальный риск) представилось нецелесообразным. Значения социальных и транспортных рисков определены на основе использования целевого значения показателя – числа погибших в ДТП и прогнозируемых

значений численности населения и количества зарегистрированных транспортных средств.

Полученные уравнения (7), (8) использованы для оценки разности значения фактического количества погибших в ДТП (погибших в ДТП детей) и их модельного значения, определенного на основе статистически значимо оказывающих влияние факторов:

$$\Delta Y = Y - \bar{Y}(X_1, X_2, \dots, X_k), \quad (9)$$

где Y – фактическое значение показателя аварийности; $\bar{Y}(X_1, X_2, \dots, X_k)$ – модельное значение показателя дорожно-транспортной аварийности; X_1, X_2, \dots, X_k – факторы, влияющие на значение показателя дорожно-транспортной аварийности.

По величине вышеуказанной разности можно судить о потенциале снижения дорожно-транспортной аварийности в каждом субъекте РФ (рисунок 6).

Также выполнена оценка достаточности и адекватности набора целевых индикаторов и показателей государственных программ (подпрограмм) по повышению БДД субъектов РФ с точки зрения возможности оценки степени достижения целей и соблюдения баланса интересов при реализации ФЦП «Повышение БДД в 2013–2020 гг.». При этом проведенный анализ показал, что существует ряд недостатков при форми-

ровании системы целевых индикаторов и показателей в госпрограммах по повышению БДД на региональном уровне. Набор целевых индикаторов и показателей во многих госпрограммах (подпрограммах) по повышению БДД субъектов РФ неадекватен с точки зрения возможности оценки степени достижения целевых индикаторов и показателей ФЦП «Повышение БДД в 2013–2020 гг.». Вместе с этим, планируемая динамика показателей (индикаторов) в государственных программах субъектов РФ не позволит обеспечить достижение целей ФЦП «ПБДД в 2013–2020 гг.». Во всех госпрограммах (подпрограммах) субъектов РФ имеет место несогласованность значений целевых показателей (индикаторов) с целевыми значениями показателей (индикаторов), содержащимися в ФЦП «Повышение БДД в 2013–2020 гг.», что создает риск недостижения конечных целевых результатов и существенно затрудняет оценку реализации программных мероприятий. При этом определяющим фактором эффективного управления БДД, ориентированного на результаты, является формирование надежной системы целевых показателей и индикаторов, по которым производится планирование и оценка производственной деятельности.

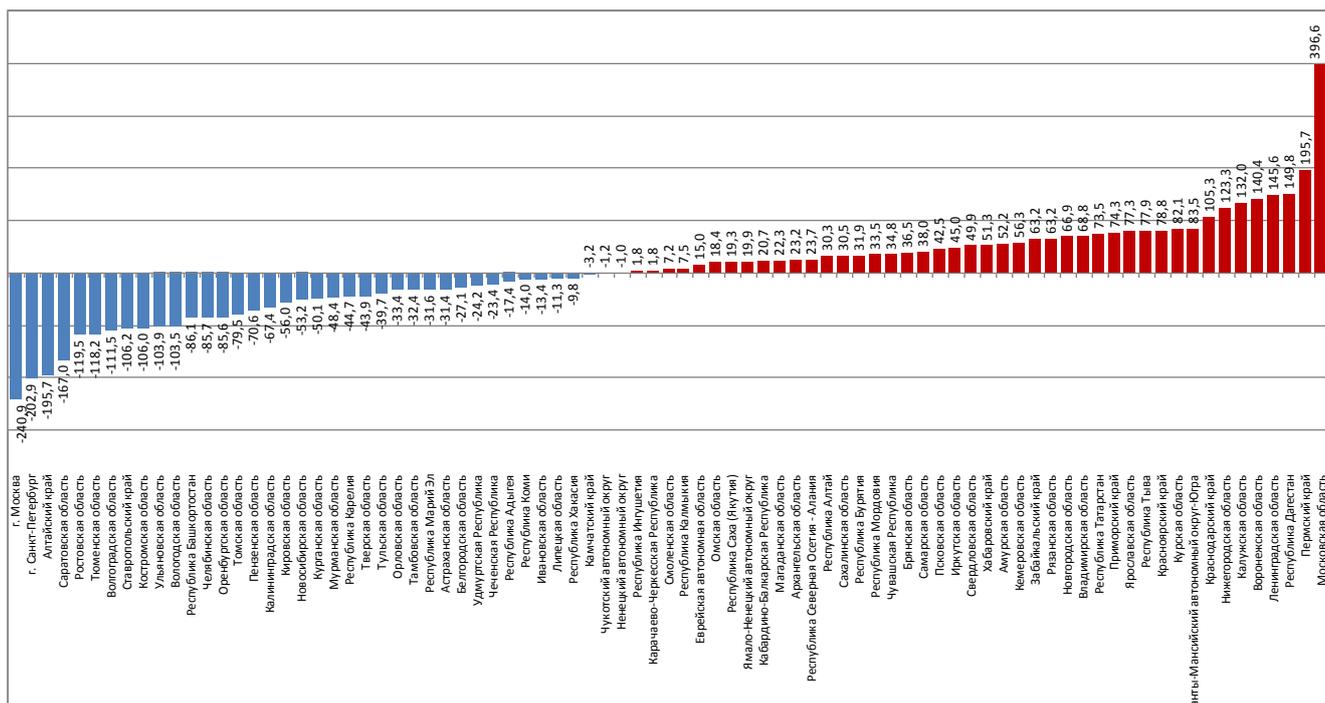


Рисунок 6 – Диаграмма распределения потенциала снижения числа погибших в ДТП по субъектам РФ

Результаты проведенных исследований использованы при разработке механизма установления индивидуальных целевых заданий для субъектов РФ по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности на период до 2020 года в рамках научно-исследовательской работы, выполненной в ОАО «НИИ автомобильного транспорта» по заказу ФКУ «Дирекция Программы повышения БДД» МВД России [7].

Данная работа призвана повысить эффективность деятельности по обеспечению БДД за счет индивидуального подхода к формированию мероприятий приме-

нительно к конкретному субъекту, исходя из состояния аварийности в нем, обеспечить прогнозируемое стабильное финансирование, сделать его более прозрачным, осуществить закрепление субсидиарной ответственности субъектов РФ и федерального центра за достижение целей деятельности по обеспечению БДД.

Внедрение в практику методических разработок такой направленности позволит повысить эффективность управления программными мероприятиями, реализуемыми в сфере обеспечения БДД, и обеспечит рациональное использование ресурсов в этих целях.

Список литературы

1 Постановление Правительства Российской Федерации от 03.10.2013 № 864 «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах».

2 Общественный доклад «О состоянии дел в сфере организации и безопасности дорожного движения в регионах России» / Общественная палата Российской Федерации (Комиссия по проблемам безопасности граждан и взаимодействию с системой судебно-правоохранительных органов), 2014. – 65 с.

3 Госавтоинспекция МВД России [Электронный ресурс]: Показатели состояния безопасности дорожного движения. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/> – Дата доступа: 21.03.2014.

4 Elvik Rune. The handbook of road safety measures. Second edition / Rune Elvik, Høyе Alena, Vaa Truls, Sorensen Mikhael. Bingley : Emerald Group Publishing Limited, 2009. – 1124 p.

5 Highway Safety Manual. First edition. – American Association

of State Highway Transportation Officials (AASHTO). – FHА, 2010 – 1740 p.

6 Капитанов, В. Т. Прикладные математические методы для анализа аварийности : метод. рекомендации / В. Т. Капитанов, О. Ю. Мони́на, А. Б. Чубуков. – М. : ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2014. – 97 с.

7 Разработка механизма установления индивидуальных целевых заданий для субъектов Российской Федерации по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности на период до 2020 года и закреплению субсидиарной ответственности федерального центра и субъектов Российской Федерации за достижение целей деятельности по обеспечению безопасности дорожного движения : отчет о НИР (Этап № 1-2) / НИИАТ; рук. С.Н. Карасевич; исполн.: Аземша С.А., Механошин В.В., Капский Д.В., Кухаренок Г.М., Рожанский Д.В., Мозалевский Д.В., Кузьменко В.Н., Казьмин Д.М., Ковш Е.В. – М., 2014. (Государственный контракт от 25.04.2014 г. № 14/7/1/006).

Получено 03.02.2015

S. A. Azemsha, S. N. Karasevich, A. N. Starovoytov. Development of individual targets for regions to improve road safety.

As the main method of reducing road traffic accidents in many countries used effectively target-oriented approach to solving the problems of road safety, implemented through the implementation of targeted programs at the national and regional levels. The establishment of individual targets for each region is the key to success in achieving national targets for road safety.

The article describes the results of the analysis of the dynamics road traffic accidents in Russia and implemented a methodical approach to the definition of Statistics factors that significantly affect the studied indicators of traffic safety in the Russian Federation, based on the use of regression analysis methods and envisages the use of computer applications used to solve problems in statistical formulation. The substantiation of the model view and influencing factors. The results of these studies were used in the development of a mechanism for setting individual targets for the subjects of the Russian Federation to reduce road traffic accidents for the period of implementation of program activities.

УДК 656.13

С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, И. А. МАКУШЕНКО, начальник УГАИ УВД Гомельского облисполкома

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ В ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ДЕЙСТВИЯ КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В качестве основного метода снижения дорожно-транспортной аварийности во многих странах мира эффективно используется программно-целевой подход к решению проблем обеспечения безопасности дорожного движения, реализуемый через осуществление целевых программ на общегосударственном и региональном уровнях. Республика Беларусь здесь не является исключением. В 2006 г Совет Министров нашей страны утвердил Концепцию обеспечения безопасности дорожного движения.

Изложены результаты количественного анализа числа погибших в ДТП в Гомельской области в период с 2005 по 2014 г., предложены критерии оценки динамики числа погибших в ДТП, выполнены соответствующие расчеты, произведена группировка территориальных единиц Гомельской области по показателям оценки динамики числа погибших в ДТП человек.

По данным статистики ДТП в Республики Беларусь в период с 2005 по 2013 гг. общее число погибших в ДТП сократилось на 46,6 %, социальный риск – на 45 %, транспортный риск – на 62,5 %.

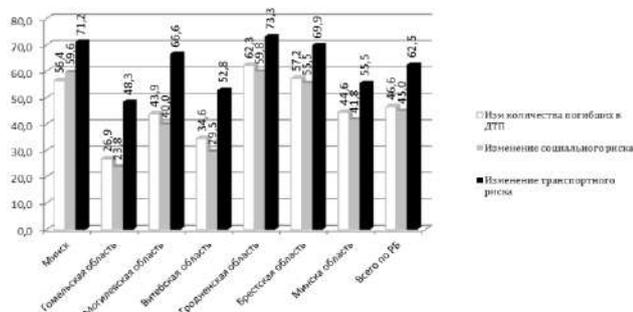


Рисунок 1 – Изменение показателей аварийности в период с 2005 по 2013 гг.

Наименьшие темпы снижения показателей аварийности в рассматриваемый период наблюдаются в Гомельской области. Это обстоятельство обуславливает актуальность исследования динамики ДТП в территориальных единицах Гомельской области с целью выявления районов с наихудшими показателями оценки динамики числа погибших в ДТП.

Для оценки динамики изменения количества погибших в ДТП можно использовать следующие показатели:

– изменение абсолютного значения показателя по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, которое показывает разность между значениями показателя в $(i+1)$ и i -м годах:

$$\Delta_y = Y_{i+1} - Y_i; \tag{1}$$

– изменение абсолютного значения числа погибших в ДТП в 2014 г по отношению к 2005 г, которое показывает разность между значениями показателя в конце и в начале анализируемого периода:

$$\Delta_a = Y_{2014} - Y_{2005}, \tag{2}$$

где $Y_{2005, 2014}$ – количество погибших в ДТП в 2005 и 2014 гг. соответственно;

– относительное изменение числа погибших в 2014 г. по отношению к 2005 г., которое показывает разность между значениями показателя в конце и начале анализируемого периода, отнесенную к значению показателя в начале периода:

$$\Delta_o = \frac{Y_{2014} - Y_{2005}}{Y_{2005}} \cdot 100; \tag{3}$$

– тенденция показателя (индикатора). В широком смысле под этим термином понимается направление движения чего-либо. Применительно к выполняемому анализу дорожно-транспортной аварийности тенденция показывает направление движения анализируемого показателя. Фактически тенденция представляет собой прямую с уравнением $y = ax + b$, проведенную через множество точек фактических данных на плоскости, угол наклона которой («а» в уравнении прямой) показывает направление движения анализируемого показателя. Тогда, по методу наименьших квадратов, обозначив $t_y = a$, можно записать уравнение, по которому находится тенденция (рисунок 5):

$$t_y = \frac{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}, \tag{4}$$

где i – номер периода; n – количество периодов; $\bar{i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i$; Y_i – значение показателя (индикатора), соответствующее i -му периоду; $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$ – среднее значение показателя (индикатора).

На рисунке 2 приведены данные о количестве погибших в ДТП человек в г. Гомеле с 2005 по 2014 гг. Сплошной линией отложена тенденция количества погибших в ДТП в г. Гомеле. Численно значение тенденции будет равно тангенсу угла наклона линии тенденции относительно оси абсцисс, который в свою очередь равен отношению противолежащего катета (сторона В на рисунке 5) к прилежащему катету (сторона А на рисунке 5). Тенденция показывает, насколько изменится функция при изменении независимой переменной на единицу. Значение тенденции в этом случае, рассчитанное из выражения (4), будет

$$t_y = -1,8.$$

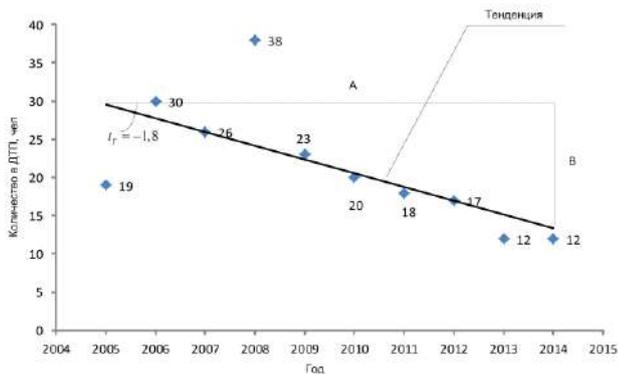


Рисунок 2 – Иллюстрация оценочного показателя – тенденции (t_y) на примере г. Гомеля

При анализе показателей дорожно-транспортной аварийности единицей измерения аргумента выступает календарный год. Численное значение тенденции показывает, насколько изменится показатель дорожно-транспортной аварийности за один год. Для г. Гомеля $t_y = -1,8$, что говорит о том, что при сохранении такой тенденции количество погибших в ДТП ежегодно будет сокращаться на 1,8 чел.

Результаты исследования показателей оценки динамики изменения количества погибших в ДТП по каждой территориальной единице Гомельской области представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно:

1 Наибольший рост количества погибших в ДТП для всей Гомельской области наблюдается в 2006 г. по сравнению с 2005 г. (31 человек), а наибольшее уменьшение погибших в ДТП – в 2010 г. по отношению к 2009 г. (35 человек).

2 Наибольший годовой рост количества погибших в ДТП наблюдается в Калинковичском районе в 2009 г. по отношению к 2008 г. (19 человек), а наибольшее уменьшение погибших в ДТП – в 2010 г. по отношению к 2009 г. в том же районе (23 человека).

3 Наибольшее увеличение абсолютного числа погибших в 2014 г. по отношению к 2005 г. наблюдается в Ветковском и Ельском районах (2 человека), а наибольшее снижение – в Буда-Кошелевском районе (13 человек).

4 В Октябрьском и Рогачевском районах снижения погибших в ДТП в 2014 г. по отношению к 2005 г. не наблюдается.

5 Для всей области за период с 2005 по 2014 гг. наблюдается тенденция к снижению числа погибших в ДТП, ее численное значение – 11,315, а средневзвешенное – 0,492. При этом в Ельском и Кормянском районах сложилась тенденция к увеличению числа погибших в ДТП, а в Брагинском, Ветковском, Добрушском, Лельчицком, Лоевском, Мозырском, Наровлянском, Октябрьском, Хойницком, Чечерском районах и г. Мозыре наблюдается снижение числа погибших более медленными темпами, чем в среднем для всей области.

В целях структуризации территориальных единиц Гомельской области по количеству погибших в ДТП с выявлением сложившихся тенденций можно использовать следующие оценочные критерии:

– изменение абсолютного значения числа погибших в ДТП в 2014 г. по сравнению с 2005 г. ($\Delta_{\text{аб}}$);

- тенденция числа погибших в ДТП (t_n);
- разница тенденции числа погибших в ДТП в территориальной единице Гомельской области и средневзвешенного значения тенденции числа погибших в ДТП для всей области ($t_n - 0,492$).

Совместное использование данных оценочных критериев позволяет сгруппировать территориальные единицы Гомельской области в однородные группы (классы), перечень и описание которых приведены в таблице 2.

К территориальным единицам с *неблагоприятной обстановкой* по сложившейся динамике количества погибших в ДТП относятся те, у которых за анализируемый период динамика изменения показателей является положительной (группа № 1 в таблице 3).

К территориальным единицам с *относительно умеренной обстановкой* по сложившейся динамике количества погибших в ДТП относятся те, у которых за анализируемый период выполняется хотя бы одно из следующих условий (группы № 2 – № 5 в таблице 3):

- тенденция числа погибших в ДТП положительная;
- наблюдается общая тенденция снижения числа погибших в ДТП, но темпы снижения числа погибших в ДТП более медленные, чем для всей области;
- имеет место рост числа погибших в 2014 г. по сравнению с 2005 г.

К территориальным единицам с *благоприятной обстановкой* по сложившейся динамике количества погибших в ДТП относятся те, у которых динамика изменения всех показателей является отрицательной (группа № 6 в таблице 3).

На рисунке 3 приведена диаграмма распределения территориальных единиц Гомельской области по классам.

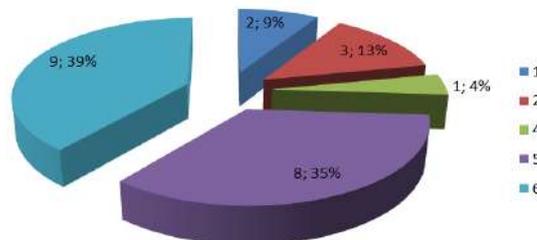


Рисунок 3 – Диаграмма распределения территориальных единиц Гомельской области по классам

Территориальные единицы, сгруппированные по соответствующим классам, приведены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что два района относятся к территориальным единицам с неблагоприятной обстановкой, 11 районов и г. Мозырь – к территориальным единицам с относительно умеренной обстановкой, 8 районов и г. Гомель – к территориальным единицам с благоприятной обстановкой по сложившейся динамике количества погибших в ДТП.

Проведенный количественный анализ числа погибших ДТП в Гомельской области позволил выделить территориальные единицы, показатели динамики изменения количества погибших в ДТП которых негативные. Это делает возможным акцентировать усилия по повышению безопасности дорожного движения именно на таких проблемных территориальных единицах.

Таблица 1 – Оценка динамики изменения количества погибших в ДТП в территориальных единицах Гомельской области в период с 2005 по 2014 гг.

Район	Погибло в ДТП / Изменение числа погибших в ДТП по отношению к предыдущему году												Изменение числа погибших в ДТП за период с 2005 по 2014 гг.									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	абсолютное	относительное, %	тенденция									
Брагинский	2	1	-1	2	1	3	1	3	0	4	1	2	-2	3	1	1	-2	0	-1	-2	-100,00	-0,091
Буда-Кошелевский	17	14	-3	10	-4	19	9	10	-9	11	1	12	1	9	-3	8	-1	4	-4	-13	-76,47	-1,115
Ветковский	0	6	6	2	-4	5	3	1	-4	5	4	4	-1	2	-2	3	1	2	-1	2	-	-0,012
Гомельский	21	24	3	28	4	29	1	24	-5	32	8	25	-7	20	-5	16	-4	17	1	-4	-19,05	-0,824
Добрушский	7	8	1	6	-2	2	-4	8	6	3	-5	7	4	1	-6	7	6	4	-3	-3	-42,86	-0,297
Ельский	0	3	3	0	-3	2	2	3	1	1	-2	3	2	1	-2	2	1	2	0	2	-	0,103
Житковичский	22	12	-10	13	1	11	-2	9	-2	16	7	15	-1	13	-2	7	-6	11	4	-11	-50,00	-0,697
Жлобинский	12	24	12	18	-6	21	3	19	-2	15	-4	16	1	8	-8	15	7	7	-8	-5	-41,67	-1,073
Калинковичский	16	12	-4	11	-1	10	-1	29	19	6	-23	5	-1	10	5	8	-2	11	3	-5	-31,25	-0,703
Кормянский	0	0	0	3	3	5	2	1	-4	1	0	1	0	5	4	0	-5	1	1	1	-	0,042
Лельчицкий	8	8	0	5	-3	7	2	1	-6	4	3	3	-1	2	-1	3	1	6	3	-2	-25,00	-0,467
Лоевский	4	1	-3	0	-1	1	1	3	2	0	-3	1	1	1	0	0	-1	1	1	-3	-75,00	-0,194
Мозырский	7	8	1	5	-3	8	3	1	-7	9	8	8	-1	5	-3	7	2	2	-5	-5	-71,43	-0,267
Наровлянский	0	0	0	4	4	0	-4	1	1	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-	-0,121
Октябрьский	2	9	7	4	-5	3	-1	6	3	2	-4	2	0	2	0	1	-1	2	1	0	0,00	-0,442
Петриковский	3	11	8	7	-4	6	-1	2	-4	4	2	6	2	5	-1	3	-2	1	-2	-2	-66,67	-0,497
Речицкий	23	17	-6	25	8	34	9	20	-14	13	-7	21	8	22	1	20	-2	11	-9	-12	-52,17	-0,897
Рогачевский	9	17	8	14	-3	8	-6	12	4	6	-6	8	2	9	1	8	-1	9	1	0	0,00	-0,570
Светлогорский	18	16	-2	12	-4	11	-1	17	6	5	-12	6	1	12	6	12	0	8	-4	-10	-55,56	-0,879
Хойникский	2	2	0	1	-1	4	3	0	-4	2	2	4	2	2	-2	1	-1	1	0	-1	-50,00	-0,055
Чечерский	4	4	0	10	6	4	-6	4	0	4	0	3	-1	3	0	3	0	3	0	-1	-25,00	-0,327
Гомель	19	30	11	26	-4	38	12	23	-15	20	-3	18	-2	17	-1	12	-5	12	0	-7	-36,84	-1,800
Мозырь	5	5	0	10	5	2	-8	4	2	2	-2	6	4	2	-4	10	8	2	-8	-3	-60,00	-0,133
Итого по области	201	232	31	216	-16	233	17	201	-32	166	-35	176	10	154	-22	147	-7	117	-30	-84	-41,79	-11,315

Таблица 2 – Характеристики групп субъектов территориальных единиц Гомельской области в зависимости от значений оценочных критериев структуризации

№ группы (класса)	$\Delta_{ап}$	$t_{п}$	$t_{п} - 0,492$	Характеристика группы
1	+	+	+	Отсутствие снижения числа погибших в ДТП в 2014 г. по отношению к 2005 г., тенденция числа погибших в ДТП положительная
2	+	-	+	Отсутствие снижения числа погибших в ДТП в 2014 г. по отношению к 2005 г., тенденция числа погибших в ДТП отрицательная, но темпы снижения числа погибших в ДТП более медленные, чем для всей области
3	-	+	+	Снижение числа погибших в ДТП в 2014 г. по отношению к 2005 г., тенденция числа погибших в ДТП положительная
4	+	-	-	Отсутствие снижения числа погибших в ДТП в 2014 г. по отношению к 2005 г., тенденция числа погибших в ДТП отрицательная и темпы снижения числа погибших в ДТП более быстрые, чем для всей области
5	-	-	+	Снижение числа погибших в ДТП в 2014 г. по отношению к 2005 г., тенденция числа погибших в ДТП отрицательная, но темпы снижения числа погибших в ДТП более медленные, чем для всей области
6	-	-	-	Снижение числа погибших в ДТП в 2014 г. по отношению к 2005 г., тенденция числа погибших в ДТП отрицательная и темпы снижения числа погибших в ДТП более быстрые, чем для всей области

Таблица 3 – Группировка территориальных единиц Гомельской области по классам

№ группы (класса)	Наименование территориальной единицы Гомельской области
1	Ельский, Кормянский районы
2	Ветковский, Наровлянский, Октябрьский районы
4	Рогачевский район
5	Брагинский, Добрушский, Лельчицкий, Лоевский, Мозырский, Хойникский, Чечерский районы и г. Мозырь
6	Буда-Кошелевский, Гомельский, Житковичский, Жлобинский, Калинковичский, Петриковский, Речицкий, Светлогорский районы и г. Гомель

Список литературы

1 Разработка механизма установления индивидуальных целевых заданий для субъектов Российской Федерации по снижению уровня дорожно-транспортной аварийности на период до 2020 года и закреплению subsidiарной ответственности федерального центра и субъектов Российской Федерации за достижение целей деятельности по обеспечению безопасности дорожного движения : отчет о НИР (этап № 1-2) / НИИАТ; рук. Карасевич С. Н.; исполн.: Аземша С. А., Механшин В. В., Капский Д. В., Кухаренок Г. М., Рожанский Д. В., Мозалевский Д. В., Кузьменко В. Н., Казьмин Д. М., Ковш Е. В. – М., 2014. (Государственный контракт от 25.04.2014 г. № 14/7/1/006).

2 UNECE [Электронный ресурс]. – Statistical Database – United Nations Economic Commission for Europe. – Гомель,

2015. – Режим доступа: <http://w3.unecese.org>. – Дата доступа: 19.01.2015.

3 Mobility and transport [Электронный ресурс]. – European Commission. – Гомель, 2017. – Режим доступа: http://ec.europa.eu/transport/road_safety. – Дата доступа: 19.01.2015.

4 Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 14 июня 2006 г., № 757 // Консультант Плюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО "ЮрСпектр" / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2008.

5 Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2005 г. : аналитический сборник / М-во внутренних дел Респ. Беларусь. – Минск, 2006. – 65 с.

Получено 25.02.2015

S. A. Azemsha, I. A. Makushenko. Quantitative analysis of road traffic accidents in the Gomel region in the period of validity of the concept of road safety.

As the main method of reducing road traffic accidents in many countries used effectively target-oriented approach to solving the problems of road safety, realized through the implementation of targeted programs at the national and regional levels. The Republic of Belarus is no exception, and in 2006 the Council of Ministers approved the Concept of our country's road safety for the period up to 2015. The current calendar year is the final step in the Concept. Analysis of accidents during this period is relevant for the purpose of summarizing the actions of the Concept.

The article gives a quantitative analysis of the accident rate in the Gomel region in the period from 2005 to 2014: proposed criteria for evaluating the dynamics of the number of fatalities in road accidents, the applicable calculations performed grouping of territorial units of the Gomel region in terms of assessing the dynamics of the number of people killed in road accidents.

УДК 656.13

С. Н. КАРАСЕВИЧ, кандидат технических наук, ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», г. Москва; С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СОЗДАНИЯ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ НА ТРАНСПОРТЕ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Рассматривается проблема нормативно-правового регулирования создания доступной среды на транспорте для инвалидов и маломобильных групп населения. Приведены результаты анализа зарубежной практики нормативно-правового регулирования по вопросам создания доступной среды на транспорте для инвалидов и маломобильных групп населения, в том числе на предмет их соответствия принципам международной Конвенции о правах инвалидов. Приведено обоснование требований к изменению и дополнению нормативно-правовой базы по регулированию вопросов создания доступной среды на транспорте для инвалидов и маломобильных групп населения в соответствии с принципами международной Конвенции о правах инвалидов.

Проблема создания доступной среды на транспорте для инвалидов и других маломобильных групп населения (МГН) носит глобальный характер и является общим вызовом для стран с различными уровнями экономического и социального развития. Нерешенность проблемы формирования доступной среды для инвалидов порождает серьезные социально-экономические последствия: приводит к ограничению прав этих групп населения на передвижения, вызывает вынужденную изоляцию инвалидов, ведет к ограничению их трудовой и социальной активности, что негативно отражается на их образовательном и культурном уровне, самочувствии и качестве жизни.

На сегодняшний день в мире наблюдается значительный прогресс в сфере обеспечения транспортной доступности для людей с инвалидностью и ограниченной мобильностью. Основой этих изменений в настоящий момент является признание равных прав инвалидов на полноценную жизнь в обществе и создание государствами условий для социальной интеграции инвалидов и маломобильных групп населения. Мировое сообщество создает и внедряет нормативно-правовую основу для формирования международного и национального законодательства всех стран в этой области. При этом изучение и анализ накопленного опыта представляет большой интерес при формировании законодательства в сфере обеспечения создания доступной среды на транспорте для инвалидов и других МГН.

Принятие 13 декабря 2006 года ГА ООН своей резолюцией 61/106 Конвенции о правах инвалидов и Факультативного протокола к ней стало ключевым историческим шагом в направлении содействия обеспечению прав инвалидов на международном договорном уровне. Сейчас Конвенция о правах инвалидов гарантирует защиту от эксплуатации и злоупотреблений положением инвалидов, особое внимание, уделяя обеспечению доступности физической среды [1].

Конвенция закрепляет положения о том, что инвалиды пользуются в гражданской, политической, экономической, социальной и культурной жизни теми же правами человека, что и любой другой человек. В целях создания общей среды, благоприятной для реализации прав инвалидов, в Конвенцию также включены статьи о доступности, индивидуальной мобильности, доступу к

правосудию и др. На рисунке 1 представлены основные общие принципы Конвенции о правах инвалидов.



Статья 9 «Доступность»

1. Чтобы наделить инвалидов возможностью вести независимый образ жизни и всесторонне участвовать во всех аспектах жизни, государства-участники принимают надлежащие меры для обеспечения инвалидам доступа наравне с другими к физическому окружению, к транспорту, к информации и связи, включая информационно-коммуникационные технологии и системы, а также к другим объектам и услугам, открытым или предоставляемым для населения, как в городских, так и в сельских районах.

Рисунок 1 – Общие принципы международной Конвенции о правах инвалидов

Становление и развитие международной защиты прав инвалидов и признание их прав не означает автоматического и полного решения насущных вопросов в рассматриваемой сфере. Требуется глубокий анализ, адаптация и имплементация норм, прописанных в Конвенции в нормативно-правовую систему государств, ратифицировавших этот документ, в том числе на уровне специального отраслевого законодательства и подзаконных актов. Особую актуальность при этом имеет

внесение изменений и дополнений в нормативные правовые акты по вопросам создания доступной среды для людей с инвалидностью и ограниченной мобильностью на транспорте.

В целом сформированные к настоящему времени международные стандарты защиты прав инвалидов основаны на общем для всей системы защиты прав человека принципе универсальности прав человека и запрете его дискриминации. Сущность значения этого принципа для инвалидов заключается в идее создания «общества для всех», которое позволяло бы развить потенциал каждого человека без ограничения.

Сегодня нормативно-правовое закрепление принципа равноправия инвалидов, запрещение дискриминации человека по ряду признаков, в том числе по причине инвалидности, характерно для законодательства многих зарубежных государств. Вместе с тем, законы развитых государств, наряду с конституционными правами, провозглашают права инвалидов на более легкий и удобный доступ к транспорту и инфраструктуре.

В основе разработки политики нормативно-правового регулирования по созданию доступной среды для инвалидов и МГН на транспорте, опирающейся на анализ действительного положения, лежат комплексные периодические исследования. Надежная, оперативная и полноценная информация позволяет выявлять новые возможности законодательных инициатив, обеспечивать разработку решений и получить реальный положительный результат. Отсутствие актуальных данных, касающихся условий жизнедеятельности людей с инвалидностью и ограниченной мобильностью является препятствием на пути к разработке успешной политики как на национальном, так и на международном уровне. Поэтому в странах Евросоюза поддерживается установка на комплексные, диверсифицированные и специализированные исследования, касающиеся жизнедеятельности инвалидов и МГН, и их координацию на всех уровнях с целью содействия эффективному выполнению данных задач (рисунок 2).

Многие государства осознают важность работы по созданию доступной среды для инвалидов и МГН на транспорте и участвуют в этой деятельности через Европейскую конференцию министров транспорта – ЕКМТ (рисунок 3).

Для того чтобы иметь представление о сложившихся нормативных правовых системах, в странах Евросоюза проводился анализ наличия антидискриминационных законов, а также законов, касающихся транспортной доступности, национальных (технических) стандартов / руководящих принципов и политики, обеспечивающей гарантии мобильности общественного транспорта для инвалидов и МГН. Этот анализ показал, что антидискриминационное законодательство присутствует в подавляющем большинстве государств Евросоюза. В Эстонии отсутствуют антидискриминационные законы, однако, антидискриминационные аспекты отражены в рамках Конституции этой страны и реализуется государственная политика, гарантирующая мобильность для инвалидов и МГН. Вопросы, касающиеся доступности общественного транспорта являются одной из основных тем в политической повестке стран Евросоюза. Во многих странах Евросоюза существуют законы, непосредственно касающиеся вопросов обеспечения транспорт-

ной доступности на общественном транспорте, а также национальные стандарты или руководства по доступности транспортной инфраструктуры общественного пассажирского транспорта (остановок общественного транспорта и транспортных средств).



Рисунок 2 – Проекты и исследования, реализованные в Евросоюзе при формировании доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН

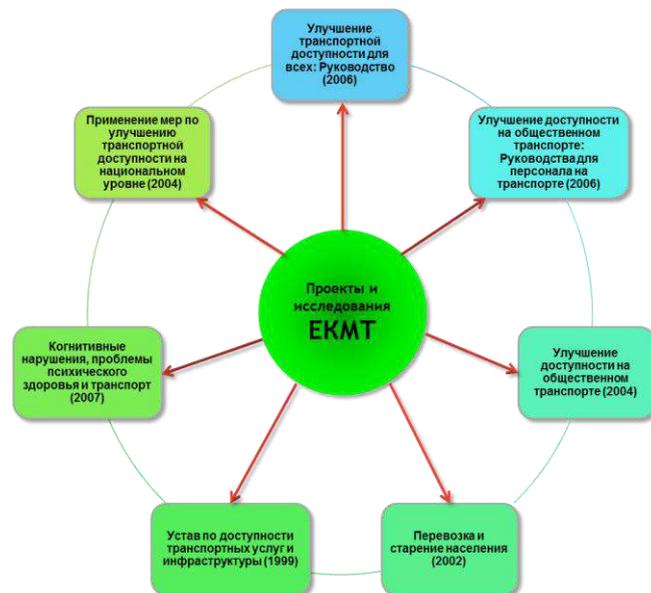


Рисунок 3 – Проекты и исследования, реализованные через Европейскую конференцию министров транспорта (ЕКМТ) в рамках формирования доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН

В ходе проводимого анализа выделяется с положительной точки зрения опыт Германии, США, Великобритании, Испании в сфере нормативно-правового регулирования вопросов создания доступной среды на транспорте общего пользования для инвалидов и МГН. В особенности, в Германии законодатель предусмотрел действенную систему мониторинга и контроля по созданию безбарьерной среды, в том числе за процессами

устранения барьеров для лиц, передвигающихся на колясках, а также за деятельностью специально приспособленного общественного пассажирского транспорта и расходования бюджетных средств на эти цели. Категории лиц с ограниченными возможностями в Германии классифицируют на группы с постоянными и временными ограничениями передвижения.

Знаковое развитие законодательства США в области создания доступной среды жизнедеятельности инвалидов получило с принятием акта об американцах с инвалидностью (Americans with Disabilities Act, ADA). По своей структуре закон ADA включает в себя пять разделов, среди которых предусмотрен раздел о реализации прав инвалидов при их транспортном обслуживании (рисунок 4).



Рисунок 4 – Структура закона ADA (США)

В этом разделе закона приводятся основные принципы систем транспортного обслуживания инвалидов как на общественном транспорте по установленным (фиксированным) маршрутам, так и при обслуживании инвалидов по специальной системе «Paratransit» в различных ее вариантах исполнения.

В законе ADA приведены также технические требования к подвижному составу, задействованному на перевозках инвалидов: ширина дверных проемов, системы безопасности при перевозке инвалидов, пространство внутри автобуса для установки колясок, параметры пассажирских сидений, специально предназначенных для проезда инвалидов, устройства, обеспечивающие вход и выход инвалидов в автобус (рампы и подъемные устройства), системы информации и т.п.

Специфической особенностью закона ADA является наличие в нем административных мер воздействия, с помощью которых официальные органы могут заставлять организации любой формы собственности принудительно выполнять положения закона ADA. В дополнение к административным мерам принуждения закон ADA дает право отдельным личностям проявлять инициативу по осуществлению законных действий против организаций, нарушающих закон.

В соответствии с законом ADA администрация общественного транспорта не должна допускать дискриминации инвалидов при предоставлении своих услуг. Инвалидам должны обеспечиваться надлежащие удобства при проезде и посадке-высадке или предоставляться специальные транспортные средства для инвалидов, которые не в состоянии самостоятельно пользоваться традиционными видами общественного транспорта.

В настоящее время законодательство США предусматривает, что все новые транспортные средства, вме-

стимостью более чем 16 пассажиров и приобретаемые организациями, осуществляющими перевозки по установленному маршруту движения, должны относиться к классу доступных. Все без исключения автобусы, задействованные на регулярных перевозках пассажиров в городском, районном сообщении, а также автобусы ближнего и дальнего следования должны быть оснащены специальными устройствами по транспортировке инвалидов. В салонах таких автобусов обязательно предусмотрена свободная площадка для инвалида, оборудованная поручнем и кнопкой, нажатием на которую инвалид сигнализирует водителю о том, что он собирается выйти из автобуса.

В США, Японии, Австралии и многих странах Евросоюза доступные воздушные, морские, железнодорожные и внутренние водные перевозки, городской общественный транспорт, лифты на всех вокзалах, пешеходные переходы без бордюров, пандусы к значимым объектам и соответствующее отношение к инвалидам в обществе становится нормой. На всех объектах транспортной инфраструктуры (вокзалах, аэропортах, портах и т.д.) законодательно гарантируется доступ людей с ограниченными возможностями ко всем видам услуг, предусмотренным на данных объектах. Предусматривается противоскользящее напольное покрытие в проходах, сигнальные аппараты для вызова обслуживающего персонала, специально оборудованные санузлы.

Законы и подзаконные акты требуют, чтобы все вводимые в эксплуатацию железнодорожные поезда были полностью обустроены для перевозки инвалидов, включая удобный въезд инвалидных колясок.

В странах Европы часто встречается знак «инвалид на коляске», и каждый человек при этом знает, что здесь в любое время может появиться инвалид, и надо быть к нему наиболее внимательным. Широко применяются принципы универсального дизайна, позволяющие приспособить территорию, инфраструктурные сооружения к потребностям разных групп населения, включая маломобильные. Один из примеров универсального дизайна – плоский вход в здание, удобный не только для инвалидов, но и для родителей с детскими колясками, а также тех, кто переносит тяжелые или крупногабаритные предметы. Осуществление надзора по предоставлению доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН во многих странах Восточной и Западной Европы эффективно реализуется посредством проведения на постоянной основе мониторингов доступности общественного транспорта. Необходимость и целесообразность проведения таких мониторингов вытекает из положений Конвенции о правах инвалидов, которые предусматривают проведение мониторинга как на международном, так и национальном уровне.

Анализ практики нормативно-правового регулирования создания доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН в странах Латинской Америки показал, что в целом ассортимент выбора услуг и возможностей для инвалидов и МГН в сфере транспорта на просторах пока все еще находится в стадии становления. Существующие условия предоставления услуг этим группам населения по-прежнему приводят к ограничению их прав на передвижение. Однако международные нормы постепенно стали включать в правовые рамки в Аргентине, Бразилии, Кубе, Эквадоре, Колумбии, Коста-Рике

и Сальвадоре. Основные города Латинской Америки все чаще прибегают к усилению нормативной правовой базы в этой области.

В связи с принятием Конвенции о правах инвалидов и присоединением к ней многочисленных государств, развитие нормативной правовой базы, касающейся проблем создания доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН постепенно также набирает обороты и в странах СНГ.

К настоящему времени в Российской Федерации и Республике Беларусь уже созданы определенные предпосылки для формирования государственной системы мер по формированию доступной среды жизнедеятельности инвалидов и других МГН в сфере градостроительства, производства вспомогательных технических средств, общественного пассажирского и индивидуального транспорта. В частности, в соответствии со статьей 15 ФЗ-181 от 24 ноября 1995 г. «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» органы исполнительной власти всех уровней должны создавать условия инвалидам для беспрепятственного пользования железнодорожным, воздушным, водным, междугородным автомобильным транспортом и всеми видами городского и пригородного пассажирского транспорта. Кроме общей формулировки о «создании условий» статья 15 Федерального закона №181-ФЗ устанавливает ряд конкретных положений, направленных на создание для инвалидов доступной среды на транспорте:

1) планировка и застройка городов, других населенных пунктов, формирование жилых и рекреационных зон, разработка проектных решений на новое строительство и реконструкцию зданий, сооружений и их комплексов, без приспособления указанных объектов для доступа к ним инвалидов и использования их инвалидами не допускаются;

2) организации, осуществляющие транспортное обслуживание населения, обеспечивают оборудование специальными приспособлениями вокзалов, аэропортов и других объектов, позволяющими инвалидам беспрепятственно пользоваться их услугами;

3) разработка и производство транспортных средств общего пользования без их приспособления для доступа к ним инвалидов и использования их инвалидами не допускаются;

4) организации, осуществляющие производство транспортных средств, а также организации независимо от организационно-правовых форм, осуществляющие транспортное обслуживание населения, обеспечивают оборудование указанных средств специальными приспособлениями и устройствами в целях создания условий инвалидам для беспрепятственного пользования указанными средствами;

5) места для строительства гаража или стоянки для технических и других средств передвижения предоставляются инвалидам вне очереди вблизи места жительства с учетом градостроительных норм;

6) на каждой стоянке (остановке) автотранспортных средств, в том числе около предприятий торговли, сферы услуг, медицинских, спортивных и культурно-зрелищных учреждений, выделяется не менее 10 процентов мест (но не менее одного места) для парковки специальных автотранспортных средств инвалидов, которые не должны занимать иные транспортные сред-

ства. Инвалиды пользуются местами для парковки специальных автотранспортных средств бесплатно.

В случаях, когда действующие объекты невозможно полностью приспособить для нужд инвалидов, собственниками этих объектов должны осуществляться по согласованию с общественными объединениями инвалидов меры, обеспечивающие удовлетворение минимальных потребностей инвалидов.

В целях создания доступной среды для инвалидов на транспорте в России принят и ряд подзаконных нормативных правовых актов.

Вместе с тем, в соответствии со статьей 25 Закона Республики Беларусь от 11 ноября 1991 г. № 1224-ХП «О социальной защите инвалидов» не допускается проектирование и застройка населенных пунктов, формирование жилых районов, разработка проектных решений, строительство и реконструкция зданий, сооружений, включая аэропорты, железнодорожные вокзалы, автовокзалы, речные порты, комплексы и коммуникации, а также разработка и производство транспортных средств общего пользования, в том числе индивидуальных, средств связи и информатизации без приспособления этих объектов и средств для доступа и использования инвалидами.

С принятием Государственной Думой Российской Федерации 25 апреля 2012 года Федерального закона «О ратификации Конвенции о правах инвалидов» (данный закон одобрен Советом Федерации 27.04.2012 г.) на государственном уровне происходит интенсификация процессов создания современной нормативно-правовой базы в области формирования доступной среды для инвалидов и других МГН на транспорте и обеспечения равных условий жизнедеятельности таким категориям населения в целом. Однако формирование универсальной доступной транспортной среды для инвалидов сдерживается рядом причин, и в России наблюдается непропорционально низкая по сравнению с развитыми странами адаптированность среды обитания для инвалидов и МГН.

Правовое регулирование вопросов создания доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН в России осуществляется в рамках законодательства о социальной защите населения, которое определяет требования к доступности объектов социальной инфраструктуры, беспрепятственного пользования общественным транспортом и транспортными коммуникациями. Следует отметить, что Федеральный закон «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» прямо не оперирует таким понятием, как «доступная среда». Кроме того, принят и действует целый ряд нормативно-правовых актов, относящихся непосредственно к транспорту. Вместе с тем, имеющаяся в России правовая база не может быть признана полностью соответствующей требованиям Конвенции. Общими принципиальными недостатками существующей нормативной правовой базы России по вопросам создания доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН являются:

- отсутствие в нормативных правовых актах некоторых основополагающих системных понятий, предусмотренных Конвенцией (в частности, таких, как «доступная среда», «разумное приспособление окружающей среды», «универсальный дизайн (конструкция)» и др.);

- отсутствие минимальных стандартов транспортной обеспеченности для инвалидов и МГН;

- неопределенность механизма мониторинга доступности объектов социальной инфраструктуры, транспорта, транспортной инфраструктуры и транспортных услуг для инвалидов;

- тот факт, что существующие требования по доступности объектов транспорта не носят универсального характера (в частности, в ряде случаев они не распространяются на объекты, находящиеся в частной собственности);

- неопределенность механизма контроля исполнения требований Федерального закона №181-ФЗ «О социальной защите инвалидов», что существенно затрудняет возможности привлечения к реальной ответственности за их несоблюдение [3].

Так, в особенности анализ действующей нормативной правовой базы России на автомобильном и городском электрическом транспорте с точки зрения соответствия требованиям Конвенции и обеспечения создания доступной среды на транспорте для инвалидов и МГН показал, что основополагающие нормативные правовые акты («Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта», «Правила перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом») не предусматривают каких-либо требований, направленных на обеспечение доступности транспорта для инвалидов и МГН. Не содержат подобных требований и законы «О безопасности дорожного движения» и «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации». Наибольший прогресс в рассматриваемой области достигнут в сфере технического регулирования автотранспорта благодаря существованию отдельных стандартов и технических регламентов, непосредственно направленных на установление требований к приспособлению подвижного состава для инвалидов и МГН. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что российское автотранспортное законодательство не полностью отражает требования Конвенции и не содержит ряда основополагающих понятий, лежащих в основе процесса создания равных возможностей и условий доступности пространства для всех членов общества. Аналогичные пробелы в автотранспортном законодательстве характерны и для Республики Беларусь.

Таким образом, анализ мирового опыта в целом показал, что создание благоприятной транспортной среды для инвалидов и МГН – это достаточно новое направление для многих стран. Данная проблема решается не везде и не так масштабно, как хотелось бы, но все-таки можно наблюдать существенные позитивные изменения и формирование устойчивой политики на улучшение условий жизнедеятельности инвалидов и МГН при пользовании транспортными услугами. Для качественного обеспечения инвалидов и МГН услугами общественного транспорта, необходимо, чтобы для них была доступна вся цепочка используемых транспортных средств и инфраструктуры.

На международном уровне принято значительное количество документов, обязывающих и рекомендуемых принять соответствующих мер по обеспечению равных возможностей для инвалидов. Международными организациями (ООН, ЕС, ЕКМТ и др.) принято направление на создание гармонизированных норма-

тивных документов по транспортному обслуживанию инвалидов и других МГН. Совершенство правовой и нормативно-технической документации в зарубежных странах достигается за счет проведения регулярных комплексных исследований, создания и внедрения механизмов мониторинга, а также совместных усилий многих стран и поиска современных направлений в решении проблемы.

В наиболее развитых в экономическом отношении странах мира (Германии, США, Великобритании и других) законодательная база не носит декларативный характер, обладает такими особенностями, что в них предусмотрены и регламентируются подробно все элементы правового, экономического, технического, организационного, управленческого и контрольного характера, что делает систему более надежной и исполнимой. Положения нормативных правовых актов носят системный характер, имеют прямое действие, подкреплены механизмами финансирования и контроля исполнения, что делает систему предъявления и контроля требований по доступу инвалидов и МГН к транспортной среде в высокой степени эффективной.

Доступен и распространяется обширный национальный опыт и рекомендации компетентных международных организаций в вопросах обеспечения прав инвалидов и обеспечения их доступа к услугам. Компетентным органам необходимо ориентироваться на эту информацию при совершенствовании нормативной правовой базы транспорта в рамках работы по реализации Конвенции по правам инвалидов.

В Российской Федерации и Республике Беларусь необходимо ориентироваться на положительный опыт развитых стран, так в частности немецкое, американское и английское право содержат в себе большое количество предписаний, с помощью которых нормативно-правовые акты обеспечивают людям с ограниченными возможностями необходимую поддержку и создают им условия для полноценной, отвечающей их желаниям жизни. При разработке правовых норм и стандартов, регулирующих транспортную доступность для инвалидов, необходимо проводить консультации с организациями инвалидов. Их следует также привлекать к участию в этой деятельности с самого начала этапа планирования законопроектов, что позволит обеспечить максимальную степень доступности для инвалидов к материальному окружению при пользовании транспортными услугами.

Учреждение в соответствии со статьей 33 Конвенции о правах инвалидов адекватных структур для осуществления контроля и мониторинга позволит активнее осуществлять Конвенцию на национальном и ведомственном уровнях. Мониторинг особенно необходим для оценки принятия и эффективной реализации мер и их реального эффекта.

Государственные ведомства, отвечающие за осуществление Конвенции, должны иметь в своем распоряжении эффективные институциональные механизмы, включающие систему курирующих инстанций и координационную структуру. Важнейшими необходимыми условиями создания эффективной структуры по мониторингу является обширный мандат, независимость, плюралистический состав и адекватные ресурсы. Все аспекты таких необходимых условий уточняются в Парижских принципах [4].

Список литературы

1 Конвенция о правах инвалидов, принятая резолюцией 61/106 Генеральной Ассамблеи ООН от 13 декабря 2006 года от 13.12.2006 № 61/106.

2 Государственная программа Российской Федерации "Доступная среда" на 2011–2015 годы, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2012 г. № 2181-р.

3 Федеральный закон Российской Федерации от 24 ноября 1995 г. № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации».

4 Разработка моделей создания единого транспортного пространства для инвалидов и других маломобильных групп населения и подготовка предложений по внесению изменений в нормативные правовые акты по вопросам создания доступной среды для инвалидов на транспорте в связи с ратификацией Российской Федерацией конвенции о правах инвалидов : отчет о НИР (этап № 1) / НИИАТ; рук. В. В. Донченко; отв. исполн.: С. Н. Карасевич [Ю. И. Кунин, Д. В. Енин, И. В. Спиринов, А. В. Колик, В. А. Вайпан, В. А. Досенко, Н. А. Крупенский, А. В. Евстигнеева]. – М., 2012. (Государственный контракт № РТМ – 107/12 от 23.11.2012 г. Заказчик – ФКУ «Ространсмодернизация» Министерства транспорта Российской Федерации).

Получено 05.03.2015

S. N. Karasevich, S. A. Azemsha. Analysis of international experience of legal regulation creating an accessible environment on transport for the disabled and people with limited mobility.

The problem of regulatory creating an accessible environment for transport for the disabled and people with limited mobility. The results of the analysis of foreign practice of normative legal regulation on the establishment of an accessible environment in transport for the disabled and people with limited mobility, including for compliance with the principles of the International Convention on the Rights of Persons with Disabilities. The substantiation requirements for change-and to complement the legal framework to regulate the issues of creating an accessible environment for transport for the disabled and people with limited mobility, in accordance with the principles of the International Convention on the Rights of Persons with Disabilities.

УДК 621.331

В. А. ПАЦКЕВИЧ, кандидат технических наук, С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, В. Н. ГАЛУШКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ТРОЛЛЕЙБУСАМИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Приведена зависимость удельного расхода электроэнергии троллейбусов от различных факторов, основанная на статистическом анализе полученных данных, которая может быть использована для целей нормирования и прогнозирования электропотребления. Выполнен множественный регрессионный анализ между удельной сложностью передвижения, скоростью и удельным фактическим расходом электроэнергии для маршрутов.

Для городских транспортных маршрутных предприятий энергосберегающие технологии, используемые для нормирования электропотребления и расхода топлива, являются актуальной задачей. Причем структура норм энергопотребления должна соответствовать технологии и организации работы транспортного предприятия и охватывать все статьи расхода электроэнергии.

Целью данного исследования является разработка более объективной зависимости удельного расхода электроэнергии троллейбусами для целей нормирования, прогнозирования электропотребления, а также разработка рекомендаций по оперативному корректированию основных параметров удельного расхода электроэнергии троллейбусами.

Ряд авторов указывают, что условия эксплуатации маршрутных транспортных средств связаны с рядом показателей: расходом электроэнергии или топлива, ресурсом шин, расходом запасных частей, выбросом продуктов износа шин и тормозных накладок, потерями линейного времени (надежность) и другими.

Важным фактором является «манера» вождения водителя транспортным средством, которая в общем случае определяется следующими факторами:

1) техническими: тип транспортного средства; техническое состояние подвижного состава; полная масса автомобиля; динамические качества автомобиля; габариты транспортного средства; наличие прицепа;

2) технологическими: тип маршрута; наличие специального оборудования;

3) организационными: интенсивность движения; пассажиропоток; протяженность маршрута; частота остановочных пунктов; контроль за регулярностью движения; напряженность технико-эксплуатационных показателей;

4) дорожно-климатическими: тип дорожного покрытия; состояние покрытия; природно-климатические;

5) экономическими: формы и системы оплаты труда; организация труда; формы начисления и распределения заработной платы; экономические результаты деятельности предприятия;

6) социальными: квалификация; возраст водителя; стаж работы; режим труда; продолжительность рабочего дня; разрывной график работы;

7) эргономическими: удобство расположения рычагов управления; уровень шума и вибрации; температура

в кабине; вентиляция в кабине; запыленность; коэффициент обзорности; освещенность приборов;

8) организационно-техническими: пропускная способность дороги; частота перекрестков со светофорным регулированием.

К активным факторам относятся организационные, экономические, социальные, к пассивным – технико-технологические, дорожно-климатические, организационно-технические. Все эти факторы непосредственно воздействуют и на эффективность труда водителей через психофизиологические и социальные результаты труда (утомляемость, заболеваемость, безопасность движения и др.).

По результатам исследования расхода электроэнергии на троллейбусных маршрутах проведен статистический анализ влияющих факторов, изучена коррелированность различных параметров. В качестве одного из способов оценки сложности маршрута использовался хорошо себя зарекомендовавший алгоритмический метод. Сущность данного метода заключается в разложении рабочего процесса на качественно различные элементарные составляющие. Была составлена схема маршрута с указанием остановок и их особенностей, поворотов, подъемов, спусков, светофоров, и т.д. Для определения сложности маршрута были выделены транспортные ситуации, которые характеризуют данный маршрут. Каждая типовая транспортная ситуация реализуется несколькими алгоритмами характерных операций по управлению городскими маршрутными транспортными средствами (ГМТС).

По каждой операции на основе разработанных алгоритмов был произведен количественный анализ деятельности водителя в виде числа членов алгоритма. Так как маршруты отличаются между собой по длине и времени выполнения рейса, то в качестве сравнительных характеристик использовались удельные величины. Результаты расчета алгоритмическим методом для троллейбусных маршрутов представлены в таблице 1.

По данным счетчиков электроэнергии за 2012 и 2013 гг. для всех типов троллейбусов (АКСМ-20101, АКСМ-20102 и т. д.) определяли фактический расход электроэнергии по маршрутам. Исследуемые параметры коррелируют между собой для месяцев с положительной температурой окружающей среды (рисунок 1, коэффициент корреляции составил 0,637, таблица 1 и 2), для зимних месяцев линейная положительная или отрицательная связь не установлена.

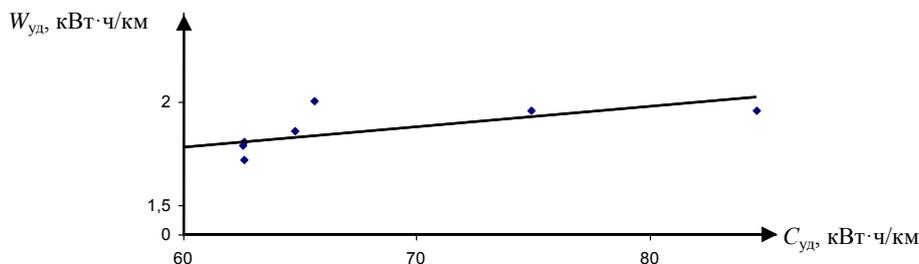


Рисунок 1 – Корреляционное поле и линейное уравнение регрессии между удельным фактическим расходом электроэнергии для АКСМ-20101 и удельной сложностью передвижения по длине рейса в летние месяцы года

Таблица 1 – Результаты статистического анализа в программе Exel между удельным фактическим расходом электроэнергии для АКСМ-20101 и удельной сложностью передвижения по длине рейса в летние месяцы года

Регрессионная статистика		Дисперсионный анализ					
Множественный R	0,797		df	SS	MS	F	Значимость F
R-квадрат	0,636	Регрессия	1	0,080858	0,080858	12,266	0,009961
Нормированный R-квадрат	0,5847	Остаток	7	0,046142	0,006592		
Стандартная ошибка	0,0811	Итого	8	0,127			

Таблица 2 – Исходные данные за январь 2012 и 2013 гг.

Маршрут	1	2	5	7	10	12	15	19	20
Удельный фактический расход электроэнергии за июнь, кВт·ч/км	2,01	1,81	1,7	1,72	1,96	1,66	1,86	1,79	1,96
Удельная сложность передвижения по длине рейса, операций/км	65,6	62,6	53,0	62,6	74,9	52,3	64,8	62,6	84,6

Также получена высокая обратная линейная связь между удельным фактическим расходом электроэнергии и средней эксплуатационной скоростью на маршруте. Корреляционное поле и полученное линейное уравнение регрессии ($r = 0,8356$; коэффициент детерминации для нелинейной зависимости составил $-0,914$, F -критерий $50,83$) для летних месяцев представлено на рисунке 2. То есть чем больше средняя скорость, тем меньше удельное потребление электро-

энергии, что можно объяснить большим КПД электродвигателя при большей скорости (постоянная составляющая потерь почти не меняется от коэффициента загрузки). Для зимних месяцев года (декабрь, январь) данная зависимость незначима. Здесь можно предположить более значимый характер влияния на электропотребление других факторов (подогрев салона, коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием и пр., состояние дорог).

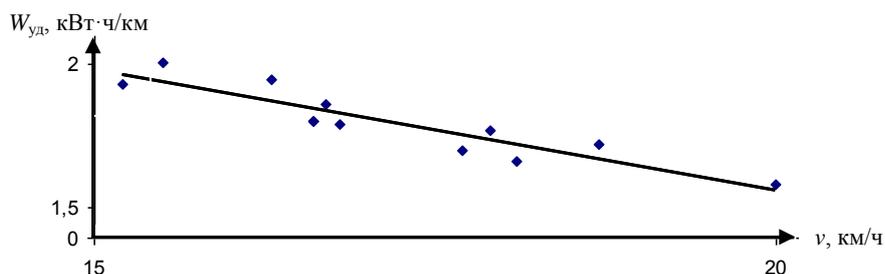


Рисунок 2 – Корреляционное поле и линейное уравнение регрессии между удельным фактическим расходом электроэнергии для АКСМ-20101 и средней скоростью на маршрутах в летние месяцы года

Оцененная множественная регрессионная модель июня для АКСМ-20101 между удельной сложностью передвижения, скоростью и удельным фактическим расходом электроэнергии для маршрутов указывает на высокую значимость (коэффициент множественной корреляции равен $0,9$, F -критерий $-23,54929$ и уровень значимости $p = 0,000106$). Уравнение приняло следующий вид:

$$C_{уд. эл} = 3,91 - 0,0244C_{уд. сложн} - 0,1C_{ср. скор.}$$

По результатам анализа (таблица 3) приведена зависимость удельного среднего фактического расхода электроэнергии по месяцам года от января до декабря с нанесенной средней годовой линией удельного фактического расхода (рисунок 3, январь принят первым месяцем года). Наибольшее удельное электропотребление приходится на ноябрь, декабрь, январь, февраль, что коррелирует со средней температурой окружающей среды ($r = 0,878$).

Таблица 3 – Удельный средний фактический расход электроэнергии, среднее квадратическое отклонение (σ) расхода электроэнергии и температура за 2012 и 2013 гг.

Маршрут	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
Средний удельный расход электроэнергии, кВт·ч/км	1,86	2,10	1,72	1,60	1,55	1,54	1,47	1,40	1,48	1,61	1,68	1,94
σ , кВт·ч/км	0,27	0,29	0,28	0,23	0,25	0,32	0,27	0,28	0,34	0,33	0,28	0,33
Среднемесячная температура, °С	-4,35	-9,75	0,1	9,55	16,2	18,9	22,1	19,0	14,1	7,55	3,05	-2,3

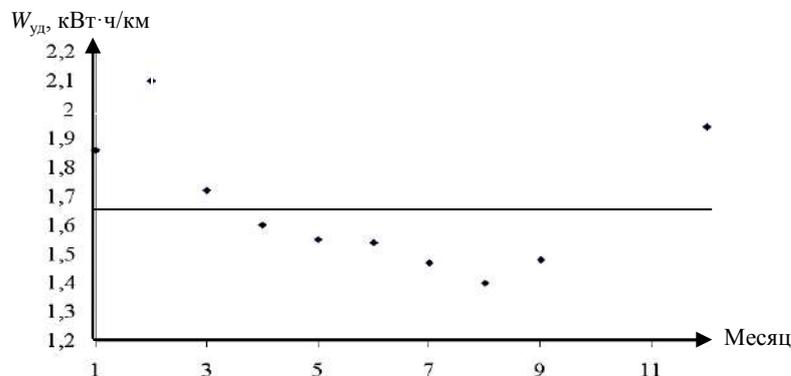


Рисунок 3 – Зависимость удельного среднего фактического расхода электроэнергии от месяца года с нанесенной средней годовой линией удельного фактического расхода

С помощью экспертного метода (главные инженеры предприятия, водители, специалисты вузов, связанные с транспортными перевозками) выделили следующие факторы, влияющие на увеличенное электропотребление в зимние месяцы: отопление салона, внутреннее и наружное освещение, пробуксовка, плохое состояние дорог, изменение вязкости смазок в узлах трения.

Существующая система распределения премий за экономию электроэнергии или топлива может быть дополнена за счет использования доверительного интервала для среднего. Данный расчет позволит статистически более обоснованно принимать решение о премировании при сравнении фактического среднего с средним по норме, так как учитывается влияние случайных факторов, не зависящих от водителя. Данная процедура может быть легко автоматизирована в любом табличном редакторе. При этом предлагается использовать формулу интервальной оценки.

Например, для троллейбусного маршрута № 7 по результатам расчета показаний счетчиков электроэнергии за 2011 и 2012 гг. удельный фактический расход электроэнергии изменялся в интервале от 1,89 до 2,68 (кВт·ч/км), норма составила 2,05, а среднее значение – 2,3. Также необходимо отметить, что нормируемое значение для получения премии за экономию электроэнергии не входило в интервальную 95 и 99%-ю оценку среднего. Такое положение нормируемого значения привело к тому, что для подавляющего большинства водителей троллейбуса № 7 премия за экономию не выплачивалась из-за значительного несоответствия среднего и нормируемого значения расхода электроэнергии.

Получено 10.10.2016

V. A. Patskevich, C. A. Azemsha, V. N. Galushko. Analysis of influence different factors on specific energy consumption of trolley buses.

Functional dependence was been received for trolleybus energy consumption on different factors. This dependence bases on statistic analysis and it could be used for regulation and forecasting energy consumption. The multiple regression analysis was carried out for the specific complexity of transportation, velocity and specific energy consumption of the routes.

На основании полученных результатов коррелированности данных удельный расход электроэнергии троллейбусом предложено делить на три составляющие:

– основная составляющая, зависящая от сложности передвижения на маршруте ($\alpha C_{\text{сложн}}$);

– дополнительные составляющие – удельное потребление электроэнергии, пропорциональное температуре окружающей среды ($C_c t^{\beta}_{\text{°C}}$) и средней эксплуатационной скорости ($C_v v$).

Суммарное электропотребление каждым типом троллейбуса

$$w = (\alpha C_{\text{сложн}} + C_c t^{\beta}_{\text{°C}} + C_v v)L,$$

где L – пробег троллейбуса, км; α, β – коэффициенты линейной и степенной регрессии, полученные для каждого исследуемого типа троллейбуса с помощью программ статистического анализа (Excel, Statistica или Statgraphics).

Процедура пошагового регрессионного анализа в большинстве расчетов отбрасывала составляющую $C_v v$, как значимо не влияющую, а коэффициент детерминации для оставшегося уравнения составлял выше 0,9, расчетное значение статистики Фишера всегда значительно больше критического.

На основании полученных в исследовании статистических результатов можно формировать наиболее объективную зависимость удельного расхода электроэнергии троллейбусами в зависимости от пробега для целей нормирования и прогнозирования электропотребления, в некоторых случаях выявлять подтасовки водителей или ошибки в работе счетчиков электроэнергии.

УДК 656.11

А. Н. СТАРОВОЙТОВ, кандидат физико-математических наук, Б. ШАПОВАЛОВА, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Интенсивность движения транспортного потока – одна из основных его характеристик, которую необходимо знать для реализации управленческих воздействий. Этот факт определяет актуальность задачи выявления закономерностей изменения интенсивности транспортных потоков во времени. В статье проведен анализ изменения приведенной интенсивности транспортных потоков на перекрестке. В качестве исходных данных были взяты данные камеры наружного наблюдения на пересечении улицы Интернациональной и проспекта Ленина в городе Гомеле. По результатам указанного анализа были выделены три промежутка времени с различными закономерностями в изменении интенсивности транспортных потоков. Установлено, что в утренние часы интенсивность транспортных потоков квадратично возрастает, в дневные часы приведенная интенсивность относительно постоянна, а в вечерние часы – линейно убывает. Для каждого промежутка времени построены статистические модели, установлена их адекватность.

Современные транспортные проблемы городов в основном обусловлены перегрузкой транспортных сетей чрезмерными объемами движения. Уже много лет темпы роста количества автомобилей в городах превышают темпы развития транспортных сетей. Все возрастающая роль автомобильного транспорта в жизни общества требует создания необходимых условий для обеспечения удобства и безопасности транспортного процесса. Рост объема перевозок ведет к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортных проблем. Следствием обострения таких проблем является уменьшение показателей эффективности и безопасности дорожного движения. Наиболее существенные задачи, обостряющиеся по мере роста уровня автомобилизации, – прогнозирование интенсивности движения на городских магистралях, обеспечение пропускной способности отдельных элементов и всей улично-дорожной сети города, размещение автомобилей на территории города для хранения, снижение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду. Чрезмерный уровень загрузки дорог движением вызывает уменьшение скорости транспортных потоков, увеличение времени сообщения, задержек движения и т. д. Поэтому исследование закономерностей изменения объемов дорожного движения в городах является актуальной задачей.

Сегодня для сбора данных о параметрах транспортного потока применяются транспортные детекторы различного типа: контактного, фотоэлектрического, ультразвукового, магнитного и т. д. [1].

Исследование интенсивности движения проводилось на пересечении улицы Интернациональной и проспекта Ленина в городе Гомеле (рисунок 1). Значения интенсивностей были собраны путём обработки видеозаписей за 14 часов в течение одних суток 19 октября 2015 года (с 7 до 21 часов).

Интенсивность движения фиксировалась по циклам для каждого входа. При расчетах интенсивности движения для различных типов транспортных средств была принята расчетная единица, приведенная к легковому автомобилю (привед. ед/ч), с учетом коэффициентов приведения согласно ТКП 45-3.03-227-2010 “Улицы населенных пунктов” [2].

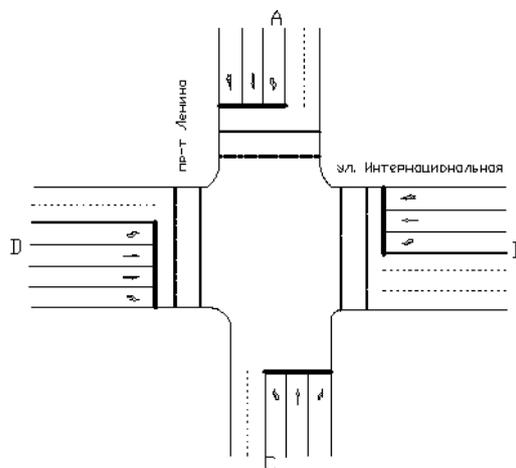


Рисунок 1 – Схема перекрестка

Приведенное число транспортных средств $N^{прив}$ находится по формуле

$$N^{прив} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_i^{прив}, \tag{1}$$

где N_i – интенсивность движения автомобилей i -го типа; $K_i^{прив}$ – коэффициент приведения для автомобиля i -го типа; n – число типов автомобилей.

На рисунке 2 представлен график изменения приведенной интенсивности с течением времени для входа В.

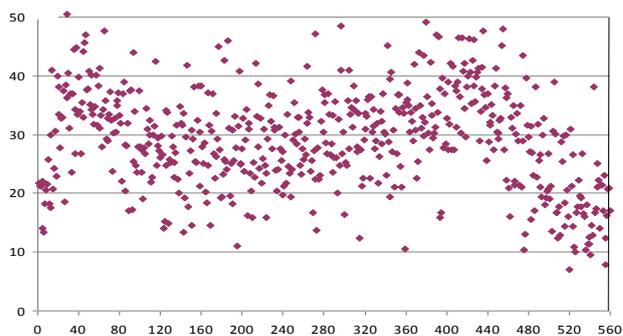


Рисунок 2 – Динамика изменения приведенной интенсивности с течением времени для входа В

Для входов *A*, *C* и *D* графики изменения приведенной интенсивности имеют аналогичный вид.

Анализ указанных графиков показывает, что приведенная интенсивность движения в течение с 7:00 до 21:00 имеет закономерность возрастать в утренние часы, после чего она относительно постоянна до некоторого вечернего времени, начиная с которого, убывает. Доказательством этого факта может служить статистическая проверка приведенной интенсивности на случайность (наличие тренда). Для проведения указанной проверки будем использовать следующие статистические критерии: серий, «нисходящих» и «восходящих» серий и автокорреляции [3, 4]. Результаты применения указанных критериев приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проверки приведенной интенсивности на случайность

Критерии	Вход			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Серий	3,115*	4,7498	2,72726	4,29396
	0,002**	0,000	0,00639	0,00002
«Нисходящих» и «восходящих» серий	0,653	0,75289	1,15443	0,15058
	0,514	0,4515	0,24832	0,8803
Автокорреляции	241,657	1129,09	251,523	808,427
	0,00	0,00	0,00	0,00
* Значение критерия.				
** Достижимый уровень значимости.				

Из таблицы 1 видно, что для каждого входа существуют критерии, для которых значение достигаемого уровня значимости меньше, чем заданный уровень 0,05. Поэтому гипотеза о случайности приведенной интенсивности отклоняется, т.е. в изменении приведенной интенсивности есть закономерность.

Разобьем рассматриваемый интервал на три промежутка: 1) до 9 часов (до 79-й точки включительно); 2) с 9 до 17 часов (до 400-й точки включительно); 3) с 17 часов.

Исследуем приведенную интенсивность в промежутке времени с 9:00 до 17:00. На рисунке 3 представлен график изменения приведенной интенсивности в промежутке с 9 до 17 часов для входа *A*. Для входов *B*, *C* и *D* такие графики имеют аналогичный вид.

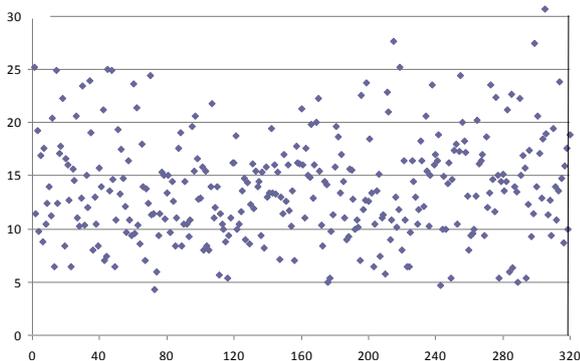


Рисунок 3 – Динамика изменения приведенной интенсивности с течением времени для входа *A* в промежутке с 9:00 до 17:00

Анализ приведенной интенсивности движения для каждого входа в промежутке времени с 9:00 до 17:00 показывает, что она в указанном промежутке времени может быть описана моделью случайная выборка [5]. Проверим это с помощью вышеупомянутых критериев.

Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты проверки приведенной интенсивности в промежутке с 9:00 до 17:00 на случайность

Критерии	Вход			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Серий	0,6789*	1,28776	0,1685	0,05546
	0,497**	0,19783	0,86619	0,95577
«Нисходящих» и «восходящих» серий	0,95138	0,15488	0,28763	1,03988
	0,34141	0,87691	0,77363	0,29839
Автокорреляции	24,0784	54,7019	30,5216	8,75638
	0,45712	0,00034	0,16806	0,99807
* Значение критерия.				
** Достижимый уровень значимости.				

Из таблицы 2 видно, что для каждого входа значение достигаемого уровня значимости больше, чем заданный уровень 0,05, за исключением критерия автокорреляции для входа *B*. Поэтому гипотеза о случайности приведенной интенсивности в рассматриваемый промежуток времени не отклоняется на уровне значимости 0,05.

Таким образом, для краткого описания приведенной интенсивности достаточно использовать основные числовые характеристики (таблица 3).

Таблица 3 – Основные числовые характеристики приведенной интенсивности в промежутке с 9:00 до 17:00

Основные числовые характеристики	Вход			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Объем выборки	321	321	321	321
Математическое ожидание	13,9103	29,2505	17,7888	16,3841
Медиана	13,6	29,2	17,8	16,0
Дисперсия	23,3946	50,7944	31,6186	26,1833
Среднее квадратическое отклонение	4,8368	7,12702	5,62304	5,11697
Коэффициент вариации, %	34,7714	24,3655	31,61	31,2313
Минимум	4,3	10,6	3,3	1,0
Максимум	30,6	49,1	30,9	29,3

Распределения значений приведенной интенсивности для каждого входа носят в основном симметричный характер, близкий к нормальному закону распределения. Этого следовало ожидать, поскольку приведенная интенсивность есть сумма некоторого числа слагаемых. Гистограммы приведенной интенсивности показывают, что распределения имеют характерный максимум, как правило, совпадающий со средним значением или близкий к нему.

С помощью критериев χ^2 -Пирсона и Шапиро – Уилка проверим гипотезы о нормальном законе распределения приведенной интенсивности. Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты проверки приведенной интенсивности на нормальный закон распределения

Критерии	Вход			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
χ^2 -Пирсона	53,199*	29,9969	22,421	6,20187
	0,025**	0,70827	0,95074	0,18457
Шапиро – Уилка	0,967	0,9814	0,97694	0,97994
	0,00014	0,27543	0,05596	0,17671
* Значение критерия.				
** Достижимый уровень значимости.				

Для входа *A* значение достигаемого уровня значимости хотя бы для одного критерия меньше, чем заданный уровень 0,05, и, следовательно, гипотеза о нормальном распределении приведенной интенсивности отклоняется на уровне значимости 0,05. Для входов *B*, *C* и *D* значение достигаемого уровня значимости для обоих критериев больше, чем заданный уровень 0,05, и, следовательно, гипотеза о нормальном распределении приведенной интенсивности не противоречит экспериментальным данным.

Приведенная интенсивность для входа *A* описывается гамма-распределением (значение критерия $\chi^2 = 1,67$, число степеней свободы $\nu = 4$, достигаемый уровень значимости $P\text{-Value} = 0,7955$).

Гистограмма приведенной интенсивности для входа *A* с нанесенным графиком функции плотности гамма-распределения приведена на рисунке 4. На рисунке 5 изображена гистограмма приведенной интенсивности для входа *B* с нанесенным графиком функции плотности нормального распределения. Для входов *C* и *D* гистограммы имеют вид, аналогичный рисунку 5.

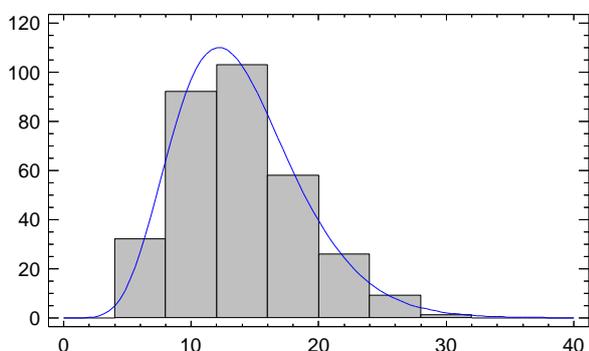


Рисунок 4 – Гистограмма приведенной интенсивности для входа *A* и функция плотности гамма-распределения

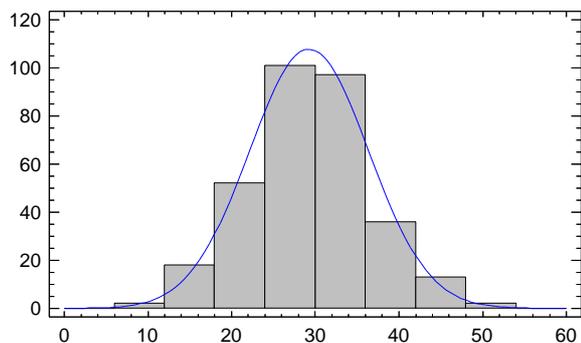


Рисунок 5 – Гистограмма приведенной интенсивности для входа *B* и функция плотности нормального распределения

Иследуем приведенную интенсивность в промежутке времени с 7:00 до 9:00.

График изменения приведенной интенсивности для входа *C* в промежутке времени с 7:00 до 9:00 представлен на рисунке 6. Для входов *A*, *B*, и *D* такие графики имеют аналогичный вид.

Вид рисунка 6 показывает, что приведенная интенсивность движения в промежутке с 7:00 до 9:00 имеет тенденцию возрастать до некоторого момента времени, а затем идет на спад.

Рассматривая приведенную интенсивность в промежутке времени с 7:00 до 9:00 как временной ряд, поста-

вим задачу выделить детерминированную составляющую – тренд. Проверка гипотезы о наличии тренда показала, что для каждого входа приведенная интенсивность в промежутке с 7:00 до 9:00 не является случайной. Это говорит о том, что данный показатель имеет тренд. Будем использовать параметрические методы выделения тренда [5].

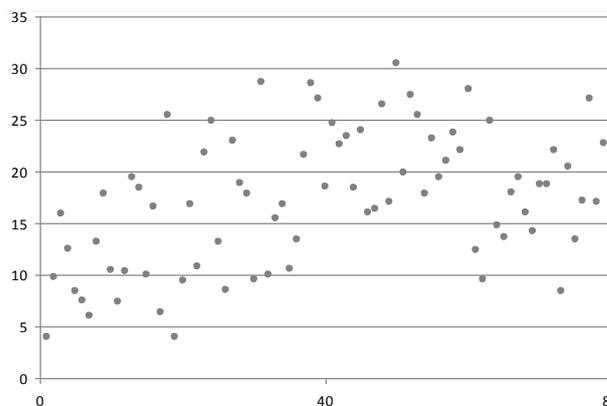


Рисунок 6 – Динамика изменения приведенной интенсивности с течением времени для входа *C* в промежутке с 7:00 до 9:00

Методом наименьших квадратов оценим несколько моделей тренда (линейную, квадратическую, экспоненциальную и др.). На основании характеристик точности аппроксимации наблюдаемых значений временного ряда (RMSE – среднеквадратическая ошибка, MAE – средняя абсолютная ошибка и т.д.) получили, что для каждого входа наилучшей моделью является квадратическая модель

$$N_t^{\text{прив}} = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t, \quad (2)$$

где β_0 , β_1 , β_2 – параметры модели; t – время; ε_t – случайные ошибки, являются независимыми нормально распределенными случайными величинами.

Результаты построения моделей для приведенной интенсивности в промежутке времени с 7:00 до 9:00 представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Моделирование приведенной интенсивности в промежутке времени с 7:00 до 9:00

Вход	Модель	RMSE	MAE
<i>A</i>	$5,5779 + 0,367t - 0,0034t^2$	4,8379	3,893
<i>B</i>	$16,4 + 0,867t - 0,0088t^2$	5,9846	4,7408
<i>C</i>	$7,235 + 0,512t - 0,0049t^2$	5,5047	4,535
<i>D</i>	$9,808 + 0,559t - 0,0066t^2$	4,7278	3,768

При этом проверка адекватности моделей вида (2) показала, что параметры модели являются статистически значимыми, а остатки – независимыми нормально распределенными случайными величинами.

Аналогично исследуем приведенную интенсивность в промежутке времени с 17:00 до 21:00.

График изменения приведенной интенсивности для входа *D* в промежутке времени с 17:00 до 21:00 представлен на рисунке 7. Для входов *A*, *B*, и *C* такие графики имеют аналогичный вид.

Вид рисунка 7 показывает, что приведенная интенсивность движения в промежутке с 17:00 до 21:00 имеет тенденцию к убыванию. При этом динамика убывания близка к линейной.

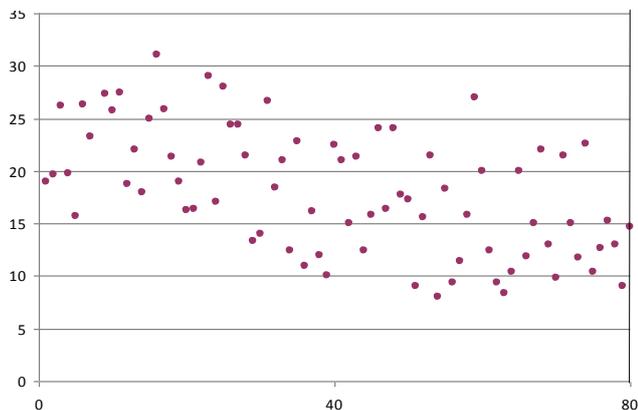


Рисунок 7 – Динамика изменения приведенной интенсивности с течением времени для входа D в промежутке с 17:00 до 21:00

Исследуя несколько альтернативных моделей для описания приведенной интенсивности в промежутке времени с 17:00 до 21:00 получили, что для каждого входа наилучшей моделью является линейная модель

$$N_t^{\text{прив}} = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t. \quad (3)$$

Результаты построения моделей для приведенной интенсивности в промежутке времени с 17:00 до 21:00 представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Моделирование приведенной интенсивности в промежутке времени с 17:00 до 21:00

Вход	Модель	RMSE	MAE
A	$17,295 - 0,0665t$	4,374	3,366
B	$40,143 - 0,16t$	6,86	5,476
C	$22,84 - 0,076t$	5,143	4,245
D	$23 - 0,111t$	4,445	3,558

Проверка показала, что для каждого входа модель вида (3) является адекватной.

Получено 18.03.2016

A. N. Starovoytov, B. Shapovalova. Establishment of laws changes intensity traffic flows.

The intensity of the traffic flow is one of its basic characteristics, you need to know for the implementation management actions. This fact determines the urgency of the task to identify patterns of change in the intensity of traffic in time. The article analyzes the changes in the intensity of traffic flows at the intersection. As the original data were taken data from camera surveillance at the intersection of International and Lenin Avenue in the city of Gomel. As a result of this analysis, three period of time were identified with different patterns of change in the intensity of transport flows. It is established that in the morning hours the intensity of the traffic flows increases quadratically, in the daytime the intensity is relatively constant, and in the evening hours – falls off linearly. For each time interval constructed statistical models, installed their adequacy.

Таким образом, в изменении приведенной интенсивности можно выделить три промежутка времени. Первый соответствует утренним часам, в течение которых приведенная интенсивность возрастает до некоторого промежутка времени – утреннего часа «пик», а затем следует небольшой спад. Изменение приведенной интенсивности в указанное время может быть описано квадратической моделью (2). В дневные часы приведенная интенсивность относительно постоянна, то есть для ее краткого описания достаточно использовать среднее значение. При этом распределение приведенной интенсивности в данный промежуток времени является нормальным или близким к нормальному (гамма-распределение). В вечерние часы приведенная интенсивность убывает; для ее описания может быть использована линейная модель (3).

Список литературы

- 1 **Мельников, И. И.** Автоматизация процесса сбора и анализа данных о транспортных потоках для предупреждения образования заторов на дорогах г. Могилева / И. И. Мельников, К. А. Демиденков, И. А. Евсеенко // Проблемы физики, математики и техники. – 2014. – № 2. – С. 84–88.
- 2 ТКП 45-3.03-227-2010. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2011. – 46 с.
- 3 **Айвазян, С. А.** Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных : справ. изд. / С. А. Айвазян, Е. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
- 4 **Кобзарь, А. И.** Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
- 5 **Харин, Ю. С.** Математические и компьютерные основы статистического анализа данных и моделирования : учеб. пособие / Ю. С. Харин, В. И. Малоугин, М. С. Абрамович. – Минск : БГУ, 2008. – 455 с.

УДК 629.113.002

В. С. МИЛЕНЬКИЙ, кандидат технических наук, БелНИИТ «Транстехника»; П. Е. КРУГЛЫЙ, кандидат технических наук, С. П. КРУГЛЫЙ, инженер, Белорусский государственный университет, г. Минск

МЕТОДОЛОГИЯ НОРМИРОВАНИЯ РАБОТ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ПРИ РЕМОНТЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Одним из важнейших экономических рычагов повышения эффективности труда работников, выполняющих ремонт транспортных средств, является правильное построение системы их материального стимулирования. Она должна обеспечивать вознаграждение каждого работника в зависимости от количества и качества вложенного им труда. Рыночные принципы хозяйствования дают руководителям предприятия возможность усилить материальную заинтересованность рабочих на основе построения рациональной системы нормирования труда в предприятии. Для этого целесообразно проводить периодическое обследование производственных процессов и актуализировать нормы времени выполнения операций.

На предприятиях республики, осуществляющих ремонт транспортных средств, применяются следующие методы нормирования труда: расчетно-аналитический, аналитически-исследовательский, опытно-статистический, сравнения, а также нормирование по справочникам типовых норм времени.

Расчетно-аналитический метод позволяет рассчитать затраты времени по заданным технологическим режимам, оценить затраты труда при нормировании работ, выполняемых на механическом оборудовании (металлорежущих станках, электронаплавочном оборудовании) и установить технически обоснованные нормы времени. Нормируемую операцию расчлениают на составляющие ее элементы, определяют их рациональное содержание и последовательность, по технологическим таблицам определяют наиболее выгодные режимы работы оборудования с учетом его характеристик. Затем рассчитывают основное (машинное) время. Устанавливают по нормативным таблицам затраты вспомогательного, дополнительного и подготовительно-заключительного времени. Рассчитывают нормы времени на операцию [1–3].

В тех случаях, когда норма времени не может быть определена расчетным способом по заданным технологическим режимам (на слесарные, слесарно-сборочные и другие ручные работы), применяют аналитически-исследовательский метод. При этом затраты времени на выполнение операции устанавливают на основе фотографии рабочего процесса, хронометража, проведения моментных наблюдений, осциллографирования или фильмирования рабочего процесса с последующей математической обработкой полученных результатов. Как правило, этот метод используют, если есть возможность получить большое количество оценочных результатов. В противном случае норма будет отличаться от оптимального значения.

Опытно-статистический метод предусматривает определение норм времени на основе опыта нормировщика или на основе статистики выполнения норм времени в прошлом. Истинность нормы, определенной подобным образом, сомнительна. Как правило, норма, установленная по этому методу, не прогрессирует и не стимулирует рост производительности труда. При этом широкая номенклатура деталей и отсутствие нормативов на ряд работ вынуждает применять на авторемонтных предприятиях этот метод.

Метод сравнения основан на определении нормы времени путем соотношения сложности и трудоемкости изготовления (восстановления) какой-либо детали, на которую норма времени установлена ранее. Результат нормирования, полученный при этом методе, зависит от опыта нормировщика и правильности нормы, взятой за основу. На практике нормы, установленные этим методом, точнее, чем опытно-статистическим. Поэтому его лучше использовать при нормировании операций в мелкосерийном производстве.

На большинстве авторемонтных предприятий используют метод нормирования по разработанным нормативными организациями справочникам типовых норм времени на разборку, сборку и ремонт автомобилей. Однако более точные нормы можно получить, если технически обосновать время T_n , необходимое для выполнения операции (работы) в определенных организационно-технических условиях с учетом рационального использования средств технического оснащения и опыта передовых рабочих [1–3].

$$T_n = T_o + T_b + T_d + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (1)$$

где T_o – основное время, затрачивается на непосредственное осуществление технологической операции, мин; T_b – вспомогательное время, затрачиваемое на вспомогательные действия, обеспечивающие выполнение основной работы (время на установку, крепление и снятие обрабатываемой детали, очистку шва от шлака, повороты детали при сварке и др.), мин; T_d – дополнительное время, мин; $T_{п.з.}$ – подготовительно-заключительное время, мин; n – количество деталей в партии, шт.

В течение основного времени должны измениться форма и размеры детали (при электродуговой сварке плавится электрод, при токарной обработке – снимается стружка и т. п.), а также может поменяться качество обработанной поверхности.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время

$$T_{оп} = T_o + T_b. \quad (2)$$

Дополнительное время складывается из времени организационно-технического обслуживания рабочего места (смена затупившегося инструмента и его заточка, регулировка и подналадка оборудования в процессе работы, правка шлифовального круга, смазка станка,

очистка оборудования, раскладка и уборка инструментов, установка ограждения при сварке, установка и смена баллонов при сварке и т. п.) и времени перерывов на отдых на тяжелых и вредных работах (ковка, сварка, слесарные, слесарно-сборочные, полимерные работы). Оно рассчитывается в процентном соотношении от оперативного времени:

$$T_d = \frac{T_{оп} K_d}{100}, \quad (3)$$

где K_d – процентное отношение T_d к $T_{оп}$.

Сумма основного, вспомогательного и дополнительного времени составляет штучное время ($T_{шт}$).

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_d. \quad (4)$$

Подготовительно-заключительное время затрачивается рабочим на выполнение действий, связанных с подготовкой к работе и ее окончанием (получение задания, наряда, инструмента; ознакомление с работой, чертежами, технологическим процессом; получение инструктажа, приспособлений и материалов; сдача готовых изделий и инструмента). Его величина не зависит от количества деталей в партии, поэтому при включении его в норму времени на одну деталь его следует разделить на количество деталей в партии.

Для корректной оценки затрат труда на выполнение операции технологического процесса необходимо установить ее состав или содержание, поскольку кроме основных технологических переходов необходимо учитывать вспомогательные действия рабочего или оборудования, направленные на обеспечение выполнения основной работы (установка, повороты и снятие детали, установление режима и т. п.).

В таблицах нормативов времени на различные виды работ время задается по-разному – иногда в виде оперативного, иногда – штучного. Тогда норму времени определяют по формулам: в первом случае –

$$T_n = T_{оп} + T_d + \frac{T_{пз}}{n}. \quad (5)$$

– во втором –

$$T_n = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}. \quad (6)$$

При восстановлении деталей применяются различные способы механической обработки (точение, фрезерование, шлифование, сверление и др.) с учетом следующих факторов: требуемая точность обработки и шероховатость поверхности, форма обрабатываемой поверхности, величина припуска и твердость поверхности, вид металлопокрытия и его свойства, производительность.

Основное время при токарной обработке определяют по формуле

$$T_o = \frac{L_i}{sb}, \quad (7)$$

где s – подача, мм/об; i – количество проходов; L – расчетная длина обработки, т. е. путь перемещения режущего инструмента в направлении подачи, мм; b – частота вращения детали.

Расчетная длина обработки

$$L = l_1 + l + l_2, \quad (8)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности (принимается из карты эскизов), мм; l_1 – путь врезания инструмента, мм; l_2 – величина перебега инструмента, мм.

Вспомогательное время на установку, выверку и снятие детали принимают по табличным данным в зависимости от веса детали и способа установки. Дополнительное время определяют по формуле (3). Отношение дополнительного времени к оперативному (K_d) принимают в размере 8 %. Подготовительно-заключительное время в зависимости от способа установки, сложности подготовки к работе и количества применяемых инструментов принимают по таблицам.

Слесарные работы состоят из разнообразных технологических операций: разметка, рубка зубилом, резка ножовкой, правка деталей (заготовок), опиливание напильником, шабрение, сверление, зенкование, притирка, развертывание отверстий, паяние, лужение, нарезание резьбы и клепка. Некоторые из перечисленных операций можно выполнять, предварительно нагрев деталь (рубка, гибка, клепка).

В условиях авторемонтных предприятий слесарные работы могут быть самостоятельными, вспомогательными и подгоночными при разных видах обработки. Нормы времени на выполнение слесарных работ определяют по заранее разработанным нормативам. Нормативные таблицы в справочниках приводятся на различные виды работ. Чаще в таблицах включено оперативное или штучное время.

При слесарной обработке деталь можно устанавливать в тиски или на верстак, стэнд, плиту, а можно обрабатывать на месте сборки. Поэтому отдельные нормативные таблицы составляют на неполное штучное время. В такие таблицы не включают вспомогательные затраты времени на установку (снятие) заготовок, деталей. Это время дано в таблице 1 и при необходимости включается в норму времени.

Таблица 1 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при слесарных работах

В минутах

Масса детали, кг, не более	Установка в тиски и снятие детали			Установка на верстак, стэнд, плиту и снятие детали
	без накладок	с накладками		
		медными	свинцовыми	
2	0,2	0,3	0,4	2
5	0,5	0,6	0,7	0,2
10	0,6	0,8	0,9	0,5
15	0,7	0,9	1,0	0,6
30	–	–	–	0,7

Если при определении нормы времени использованы таблицы оперативного времени, то его рассчитывают по формуле

$$T_n = 1,08 T_{оп} + \frac{T_{пз}}{n}. \quad (9)$$

При использовании таблиц неполного штучного времени норма времени определяется по формуле

$$T_n = T_{шт} + T_{vy} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (10)$$

где $T_{шт}$ – неполное штучное время, мин.

При использовании таблиц штучного времени норма времени определяется по формуле (6).

Подготовительно-заключительное время принимают по таблице 2 в зависимости от степени сложности выполняемой работы.

Таблица 2 – Подготовительно-заключительное время при слесарных работах, мин

В минутах

Степень сложности	На верстаке	На месте разборки (сборки)
Простая	3	4
Средней сложности	4	5
Сложная	5	6

Перед расчетом нормы времени на ручную электродугую сварку устанавливают условия выполнения операции, учитывая положение сварщика во время работы (удобное, неудобное, напряженное), возможности его перемещения (свободное, затрудненное). Если сварка детали производится на столе для сварочных работ, то сварщик будет выполнять нижний шов. Такое положение шва в пространстве не будет вызывать неудобств при проведении сварочных работ. Перемещения сварщика при работе можно считать свободными. Затем определяют содержание операций. Кроме технологических переходов предусматривают вспомогательные в зависимости от конструктивных особенностей детали, места расположения дефекта и т. п. Пример состава операции: 1 Поднести и уложить деталь на стол. 2 Заварить трещину с одной стороны. 3 Повернуть деталь на 180°. 4 Заварить трещину с другой стороны. 5 Снять и отнести деталь.

В зависимости от материала детали и характера нагрузки принимают тип электрода.

С учетом толщины свариваемого материала подбирают диаметр электрода:

Толщина свариваемого материала, мм	2	3	4	5	6
Диаметр электрода, мм,					
при сварке:					
стали	2–2,5	3	3–4	3–4	3–4
чугуна	–	–	3	3	3–4
алюминия	3	3–4	4	4	5

Основное время сварки определяют по формуле

$$T_0 = \frac{60MK_1K_2}{\alpha I}, \quad (11)$$

где M – масса наплавленного металла, г; K_1 – коэффициент, учитывающий длину шва; K_2 – коэффициент, учитывающий положение шва в пространстве; α – коэффициент наплавки, г/(А·ч); I – сила тока, А.

Масса наплавленного металла

$$M = LF\gamma, \quad (12)$$

где L – длина шва, см; F – площадь поперечного сечения шва, см²; γ – плотность наплавленного металла, г/см³.

Для удобства расчетов в таблице 3 приведены значения площадей сечений швов основных типов сварных соединений.

Таблица 3 – Площадь сечения швов

В квадратных сантиметрах

Толщина свариваемого материала не более, мм	Обозначения сварных швов			
	C2	C4	C15	У4
1	0,07	–	–	–
2	0,11	–	–	–
3	0,15	0,24	–	–
4	0,22	0,34	–	0,12
5	–	0,40	–	0,17
6	–	0,52	0,28	0,24
8	–	0,56	0,45	0,40
10	–	–	0,67	0,64
12	–	–	0,93	0,90

Примечание – C2 – стыковой односторонний шов без скоса кромок; C4 – стыковой двусторонний шов без скоса кромок; C15 – V-образный шов со скосом кромок; У4 – угловой шов без скоса кромок.

Плотность наплавленного металла принимают при сварке стальными электродами – 7,8 г/см³; чугунными – 7,1; биметаллическими – 8,3 г/см³.

Значение коэффициента K_1 принимают в зависимости от длины шва:

Длина шва, мм, не более	50	100	200	500
Значение коэффициента K_1	1,4	1,3	1,2	1,1

Значение коэффициента K_2 принимают в зависимости от положения шва в пространстве: нижний шов – 1,0; вертикальный – 1,25; горизонтальный на вертикальной плоскости – 1,3; потолочный – 1,6.

Вспомогательное время при выполнении сварочных работ определяется по формуле

$$T_v = T_{v1} + T_{v2} + T_{v3}, \quad (13)$$

где T_{v1} – вспомогательное время, связанное со швом (очистка кромок трещины перед сваркой, возбуждение дуги, смена электрода, очистка шва от шлака и осмотр); T_{v2} – вспомогательное время, связанное с изделием (подноска и установка на стол, повороты, снятие и отсоединение); T_{v3} – вспомогательное время на перемещение сварщика и подтягивание проводов. При свободном перемещении принимают 0,6 мин, при затрудненном – 0,9 мин.

Таблица 4 – Вспомогательное время, связанное со швом

В минутах

Толщина материала, мм	Обозначение шва							
	C2		C4		C15		У4	
	Длина шва, мм							
	100	300	100	300	100	300	100	300
3	0,8	1,3	1,0	2,0	–	–	0,9	1,5
4	0,9	1,5	1,2	2,1	–	–	1,0	1,6
5	–	–	1,3	2,2	–	–	1,1	1,8
6	–	–	1,4	2,3	0,8	1,1	1,2	2,0
8	–	–	1,5	2,4	0,8	1,9	1,3	2,3
10	–	–	–	–	0,9	2,1	1,6	3,0
12	–	–	–	–	1,3	2,8	1,8	3,2

Дополнительное время (T_d) определяют по формуле (3). Процентное отношение (K_d) дополнительного времени к оперативному принимают в зависимости от положения сварщика во время работы: при удобном положении – 13 %; неудобном – 15 %; напряженном – 18 %.

Таблица 5 – Вспомогательное время, связанное с изделием, В минутах

Переходы	Масса детали не более, кг				
	5	10	15	20	30
Поднести, уложить, снять и отнести деталь	0,4	0,6	0,7	1,0	1,4
Повернуть на 90°	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20
Повернуть на 180°	0,12	0,14	0,17	0,20	0,25

Подготовительно-заключительное время устанавливают в процентном отношении от оперативного времени в зависимости от сложности работы (простая работа – 2 %, средней сложности – 4 % и сложная – 5 %).

Простая работа не требует ознакомления с технологией и чертежами, подготовки приспособлений. Работа средней сложности предполагает получение задания, инструктаж и подготовку оснастки; сложная работа – знакомство рабочего с технологической документацией, подготовку приспособлений для предотвращения деформаций и т. п.

Порядок нормирования работ на авторемонтном предприятии проиллюстрируем на примере нормирования ручной электродуговой сварки. Определим техническую норму времени при заварке ручной электродуговой сварной трещины длиной 100 мм на поверхности стальной детали. Материал детали – сталь 10, толщина свариваемого материала – 6 мм, масса детали – 10 кг. Подготовка детали к сварке (сверление отверстий по краям трещины, V-образная разделка кромок) производится вспомогательным рабочим. Условия сварки – удобные.

Принимаем тип электрода Э-42А, марки УОНИ-13/45. Диаметр электрода – 4 мм. Сила сварочного тока 130А. Коэффициент наплавки – 8,5 г/(А·ч).

Массу наплавки металла определяем по зависимости (12). Длина шва 10 см, площадь поперечного шва – 0,28 см², плотность стали – 7,8 см³.

Получено 28.06.2016

V. S. Milenkiy, P. E. Kruglyiy, S. P. Kruglyiy. Methodology of valuation of the work performed in the repair of transport means.

One of the most important economic levers of increase of efficiency of work of employees performing vehicle repair is the proper construction of the system of material incentives. It should provide the remuneration of each employee depending on the quantity and quality of labor invested them. Market principles of economic management gives business leaders an opportunity to strengthen the material interest of workers on the basis of a rational system of rationing of work in the enterprise. It is advisable to conduct periodic inspection of the production processes and update the standard time of operations.

Коэффициент, учитывающий длину шва, принимаем 1,3; коэффициент, учитывающий положение шва в пространстве – 1,0. Основное время составит 1,5 мин.

Вспомогательное время определяем по формуле (13). Вспомогательное время $T_{в1}$, связанное со швом (возбуждение дуги, смена электрода, очистка шва от шлака и осмотр), определяется по таблице 4 и составляет для принятых условий 0,8 мин; вспомогательное время – $T_{в2}$, связанное с деталью (установка, повороты и снятие детали), принимается по таблице 5 и составляет 0,6 мин; вспомогательное время на перемещение сварщика и подтягивание проводов (при свободном перемещении) принимают равным 0,6 мин. Тогда вспомогательное время ($T_{в}$) составит 2 мин.

Дополнительное время определяем по формуле (3), приняв процентное отношение дополнительного времени к оперативному в размере 13 % (при удобном положении). Тогда дополнительное время составит 0,5 мин.

Подготовительно-заключительное время принимаем 0,1 мин (2 % от оперативного).

Техническую норму времени определяем по формуле (1). Она составит 4,1 мин.

Приведенная методология нормирования времени более трудоемкая, чем определение норм по справочникам. Однако она позволяет доказать рабочему справедливость применяемой для оплаты его труда нормы, стимулировать его к повышению производительности и рационализации рабочего места.

Список литературы

1 Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила поведения: ТКП 248-2010 (02190). – Минск : М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2010. – 46 с.

2 **Миленький, В. С.** К вопросу оптимизации транспортного хозяйства ремонтно-обслуживающего предприятия / В. С. Миленький, П. Е. Круглый, С. П. Круглый // Проблемы транспорта : сб. тр. / Междун. акад. трансп. Северо-западный гос. техн. ун-т. – СПб., 2009.

3 **Миклуш, В. П.** Нормирование ремонтно-обслуживающих работ на предприятиях технического сервиса / В. П. Миклуш, П. Е. Круглый. – Минск : БГАТУ, 2009. – 71 с.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.534.833.886.6

С. В. ЕЛИСЕЕВ, доктор технических наук, А. И. АРТЮНИН, доктор технических наук, Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА ЗАСТРЕВАНИЯ МАЯТНИКОВ НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ РОТОРЕ

Приведены результаты исследования нового эффекта при движении жесткого ротора в упругих опорах с четырьмя автобалансирами маятникового типа, при котором ротор вращается с рабочей скоростью, а маятники – с частотой вращения, равной одной из двух критических скоростей ротора, обусловленных, соответственно, его линейными или угловыми движениями. Предложена методика построения математической модели для системы с восьмью степенями свободы. Обсуждаются особенности динамических взаимодействий между парциальными системами, принимающими определенные формы самоорганизации движений группы свободно подвешенных маятников.

Ключевые слова: автоматическая балансировка, маятниковые балансиры, критические скорости, динамика роторных систем.

Введение. В механике хорошо известны случаи, когда вибрационное воздействие на механические системы приводит к особым режимам движения, называемым механическими эффектами. Как правило, в состав таких механических систем входят механизмы, содержащие основание на упругих опорах, маятники, вращающиеся роторы. К числу таких режимов, в частности, может быть отнесен эффект Зоммертельда [1], в котором наблюдается «застревание» двигателя с неуравновешенным ротором на угловых скоростях вблизи резонансных частот колебаний двигателя на упругих опорах. Другие примеры связаны с явлениями устойчивости маятника в его верхнем положении при определенных частотах и амплитудах колебаний оси его подвеса [2]; самосинхронизации маятников на общем упругоустановленном основании [3]; явление захвата-вания и вибрационного поддержания вращения неуравновешенного ротора, установленного на вибрирующем основании [4].

I Общие положения. Постановка задачи исследования. К механическим эффектам можно отнести новое явление «застревания», обнаруженное одним из авторов [4] при экспериментальных исследованиях возможностей автоматической балансировки жестких роторов на упругих опорах с помощью вращающихся маятников. Исследования проводились не только для ротора со статической неуравновешенностью и двумя маятниками, но и для ротора, имеющего статическую и моментную неуравновешенности, снабженного четырьмя маятниками, попарно установленными на валу ротора с обеих его сторон. Установлено (например, во втором случае), что при определенном соотношении между моментами сил сопротивления в опорах маятников, расположенных на горизонтальном роторе с возможностью свободного вращения, и их статическими моментами, имеет место такой режим движения, когда ротор вращается с заданной угловой скоростью, а угловая скорость вращения маятников близка

или совпадает с одной из критических скоростей ротора. Угловые скорости маятников и ротора в эксперименте измерялись с помощью стробоскопического тахометра и фотодатчиков. Причем, если ротор вращается с заданной угловой скоростью, а угловая скорость маятников близка к первой критической скорости, на которой преобладают линейные колебания ротора, то все четыре маятника направлены в одну сторону. Когда же маятники вращаются с угловой скоростью, близкой ко второй критической скорости ротора, на которой происходят в основном угловые колебания маятника, то маятники в разных парах направлены при движении противоположно друг другу, образуя вращающуюся пару. И в том, и в другом случаях амплитуды и реакции в опорах ротора значительно возрастают, вынужденные колебания происходят с наложением заданных частот вращения ротора и частот, соответствующих первой или второй критической скорости вращения ротора.

Целью настоящей работы является обнаружение эффекта «застревания» маятников при механико-математическом моделировании динамики разгона и стационарного вращения ротора со статической неуравновешенностью и двумя маятниками и ротора, имеющего статическую и моментную неуравновешенность с четырьмя маятниками.

II. Построение математической модели. Динамическая модель ротора со статической неуравновешенностью и двумя маятниками приведена на рисунке 1. Предполагается, что горизонтальный ротор, состоящий из жесткого вала и диска, расположен симметрично относительно своих опор. Опоры изотропны и имеют одинаковую жесткость. На валу симметрично установлены с возможностью свободного вращения два маятника. Для описания движения использовались координаты: y, z – перемещение центра симметрии диска от положения статического равновесия, φ_1, φ_2 – углы поворота маятников.

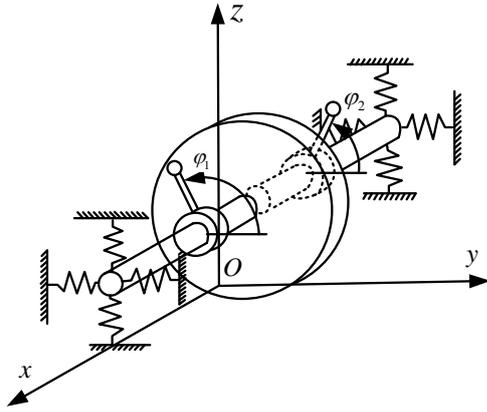


Рисунок 1 – Динамическая модель жесткого ротора на упругих опорах со статической неуравновешенностью и двумя маятниками

Предполагается также, что сопротивление колебаниям ротора носит характер «вязкого» трения, а разгон ротора происходит с постоянным угловым ускорением ϵ . Уравнение движения модели при выборе внешних обобщенных координатах имеет вид

$$[A]\{\ddot{q}\} = \{F\}, \quad (1)$$

где $\{q\} = \{\ddot{y}, \ddot{z}, \ddot{\phi}_1, \ddot{\phi}_2\}^T$.

$$[A] = \begin{bmatrix} M^* & 0 \\ 0 & M^* \\ -ml \sin \phi_1 & ml \cos \phi_1 \\ -ml \sin \phi_2 & ml \cos \phi_2 \\ -ml \sin \phi_1 & -ml \sin \phi_2 \\ ml \cos \phi_1 & ml \cos \phi_2 \\ ml^2 & 0 \\ 0 & ml^2 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\{F\} = \begin{cases} Me\dot{\phi}^2 \cos \phi + Me\ddot{\phi} \sin \phi - \beta \dot{y} - cy + ml\dot{\phi}_1^2 \cos \phi_1 + ml\dot{\phi}_2^2 \cos \phi_2; \\ Me\dot{\phi}^2 \sin \phi - Me\ddot{\phi} \cos \phi - \beta \dot{z} - cz + ml\dot{\phi}_1^2 \cos \phi_1 + ml\dot{\phi}_2^2 \cos \phi_2; \\ M_1 - mgl \cos \phi_1; \\ M_2 - mgl \cos \phi_2. \end{cases} \quad (3)$$

В (2), (3) приняты обозначения: M – масса ротора; m – масса маятника; l – длина маятника; β – коэффициент демпфирования; c – суммарный коэффициент жесткости упругих опор; e – эксцентриситет массы ротора; M_1, M_2 – моменты сопротивления вращению маятников, $M^* = M + 2m$.

При разгоне ротора принималось: $\ddot{\phi} = \epsilon$, $\dot{\phi} = \omega = \epsilon t$, $\phi = \epsilon t^2 / 2$, при вращении ротора с постоянной угловой скоростью ω_p : $\ddot{\phi} = 0$, $\dot{\phi} = \omega_p$; $\phi = \omega_p(t - t_1 / 2)$, где t_1 – время разгона. Так же, как в большинстве работ по автоматической балансировке, используется гипотеза о том, что сопротивление вращению маятников пропорционально их относительной

скорости, т. е. $M_1 = \mu(\omega - \dot{\phi}_1)$, $M_2 = \mu(\omega - \dot{\phi}_2)$, (μ – коэффициент пропорциональности).

Динамическая модель ротора, имеющего статическую и моментную неуравновешенность, приведена на рисунке 2.

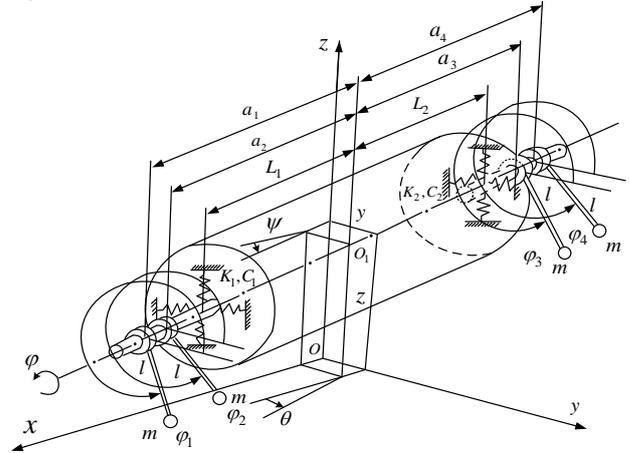


Рисунок 2 – Динамическая модель жесткого ротора на упругих опорах с четырьмя маятниками

На роторе с обеих сторон (с возможностью свободного вращения) установлены попарно четыре маятника одинаковой массы m и длины l . При составлении уравнений движения модели во время разгона и в установившемся режиме выбирались следующие обобщенные координаты: y, z – перемещения точки O_1 от положения статического равновесия ротора в направлении осей O_y и O_z (O_1 – точка пересечения оси ротора с плоскостью, проходящей через его центр масс перпендикулярно оси); θ, ψ – углы между осью x и проекциями оси ротора на координатные плоскости xu и xz ; ϕ – угол поворота ротора вокруг своей оси; $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ – углы поворота маятников. Также предполагалось, что сопротивление колебаниям ротора носит характер «вязкого трения», а разгон ротора происходит с постоянным угловым ускорением ϵ .

Уравнения движения модели при выбранных обобщенных координатах имеют вид

$$[A]\{\ddot{q}\} = \{\bar{F}\}, \quad (4)$$

где $\{q\} = [\ddot{y}, \ddot{z}, \ddot{\theta}, \ddot{\psi}, \ddot{\phi}, \ddot{\phi}_1, \ddot{\phi}_2, \ddot{\phi}_3, \ddot{\phi}_4]^T$

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 \\ A_2^T & A_3 \end{bmatrix} A_1 = \begin{bmatrix} M^* & 0 & 0 & 0 \\ 0 & M^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A^* & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A^* \end{bmatrix};$$

$$A_3 = ml^2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_2 = ml \begin{bmatrix} -\sin \phi_1 & -\sin \phi_2 & -\sin \phi_3 & -\sin \phi_4 \\ \cos \phi_1 & \cos \phi_2 & \cos \phi_3 & \cos \phi_4 \\ -a_1 \sin \phi_1 & -a_2 \sin \phi_2 & a_3 \sin \phi_3 & a_4 \sin \phi_4 \\ a_1 \cos \phi_1 & a_2 \cos \phi_2 & -a_3 \cos \phi_3 & -a_4 \cos \phi_4 \end{bmatrix};$$

$$\{\bar{F}\} = \begin{pmatrix} Me\dot{\varphi}^2 \cos \varphi + Me\ddot{\varphi} \sin \varphi - b_1 \dot{y} - \\ -b_2 \dot{\theta} - c_1 y - c_2 \theta + ml \cdot \sum_{k=1}^4 \dot{\varphi}_k^2 \cos \varphi_k; \\ Me\dot{\varphi}^2 \sin \varphi - Me\ddot{\varphi} \cos \varphi - b_1 \dot{z} - b_2 \dot{\phi} - \\ -c_1 z - c_2 \dot{\phi} + ml \cdot \sum_{k=1}^4 \dot{\varphi}_k^2 \sin \varphi_k; \\ (A-C)\delta\dot{\varphi}^2 \cos(\varphi-\gamma) + (A-C)\delta\dot{\varphi}^2 \times \\ \times \sin(\varphi-\gamma) - C\dot{\varphi}\dot{\theta} - b_2 \dot{y} - b_3 \dot{\theta} - \\ -c_2 y - c_3 \theta + ml \cdot \sum_{k=1}^4 a_k \sigma_k \dot{\varphi}_k^2 \cos \varphi_k; \\ (A-C)\delta\dot{\varphi}^2 \sin(\varphi-\gamma) + A\delta\dot{\varphi}^2 \times \\ \times \cos(\varphi-\gamma) + C\dot{\varphi}\dot{\theta} - b_2 \dot{z} - b_3 \dot{\phi} - c_2 z - \\ -c_3 \phi + ml \cdot \sum_{k=1}^4 a_k \sigma_k \dot{\varphi}_k^2 \sin \varphi_k; \\ M_1 - mgl \cos \varphi_1; \\ M_2 - mgl \cos \varphi_2; \\ M_3 - mgl \cos \varphi_3; \\ M_4 - mgl \cos \varphi_4. \end{pmatrix}$$

Здесь обозначено: $M^* = M + 4m$; $A^* = A + m \cdot \sum_{k=1}^4 a_k^2$;

m – масса маятника; l – длина маятника; M, A, C – масса, экваториальный и полярный моменты инерции ротора; a_1, a_2, a_3, a_4 – расстояния от точки O_1 до точек подвеса маятников; $\sigma_k = 1$ при $k = 1, 2$; $\sigma_k = -1$ при $k = 3, 4$; b_1, b_2, b_3 – коэффициенты сопротивления; c_1, c_2, c_3 – коэффициенты жесткости ($c_1 = k_1 + k_2$; $c_2 = k_1 l_1 - k_2 l_2$; $c_3 = k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2$, где k_1, k_2 – коэффициенты жесткости опор); e, δ, γ – характеристики неуравновешенности ротора; M_1, M_2, M_3, M_4 – моменты сопротивления вращению маятников; $\varphi, \dot{\varphi}, \ddot{\varphi}$ – угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение ротора. При разгоне принималось: $\ddot{\varphi} = \varepsilon$; $\dot{\varphi} = \varepsilon t$; $\varphi = \varepsilon t^2 / 2$, а при вращении с постоянной угловой скоростью Ω : $\ddot{\varphi} = 0$; $\dot{\varphi} = \Omega$; $\varphi = \Omega(t - t_1 / 2)$, где ε – угловое ускорение ротора при разгоне; t_1 – время разгона. При составлении математической модели принималась гипотеза о том, что сопротивление вращению маятников пропорционально скорости, т. е.:

$$\begin{aligned} M_1 &= \mu(\dot{\varphi} - \dot{\varphi}_1), & M_2 &= \mu(\dot{\varphi} - \dot{\varphi}_2), \\ M_3 &= \mu(\dot{\varphi} - \dot{\varphi}_3), & M_4 &= \mu(\dot{\varphi} - \dot{\varphi}_4), \end{aligned}$$

где μ – коэффициент пропорциональности.

Численное интегрирование систем уравнений (1) и (4) проводилось методом Рунге – Кутты. Особенностью используемого алгоритма расчета было обращение на каждом шаге интегрирования матрицы инерции [A].

Расчет первой динамической модели проводился при следующих исходных данных: $H = 50$ кг; $m = 0,05$ кг; $l = 0,08$ м; $c = 0,5 \cdot 10^6$ Н/м; $\beta = 840$ Н·с/м; $e = 0,1$ мм; $\varepsilon = 100$ рад/с²; $\omega_p = 150$ рад/с. При этих исходных данных критическая скорость равна $\omega_{кр} = 100$ рад/с.

III Анализ данных эксперимента. Расчет второй динамической модели производился при следующих исходных данных, которые соответствовали параметрам экспериментального стенда: $\omega_p = 460$ рад/с; $\varepsilon = 230$ рад/с²; $e = 25 \cdot 10^{-1}$ м²; $\delta = \gamma = 0$; $m = 5 \cdot 10^{-2}$ кг; $l = 0,08$ м; $a_1 = a_4 = 0,28$ м; $a_2 = a_3 = 0,25$ м; $a = 0,265$ м; $b_1 = 843,17$ Н·с/м; $b_2 = -0,47$ Н·м·с; $b_3 = 10,41$ Н·м·с; $M = 37$ кг; $A = 0,479$ кг·м²; $C = 0,093$ кг·м²; $l_1 = 0,165$ м; $l_2 = 0,155$ м; $k_1 = 0,604 \cdot 10^6$ Н/м; $k_2 = 0,555 \cdot 10^6$ Н/м.

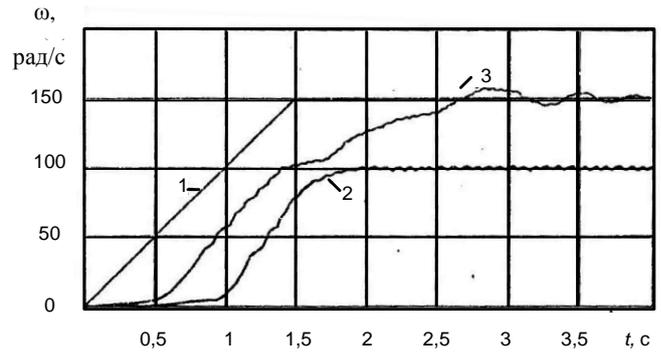


Рисунок 3 – Законы изменения угловых скоростей ротора и маятников первой динамической модели

Полученные в результате расчетов значения критических скоростей соответственно составили:

$$\omega_1 = 176,69 \text{ рад/с}; \quad \omega_2 = 274,76 \text{ рад/с}.$$

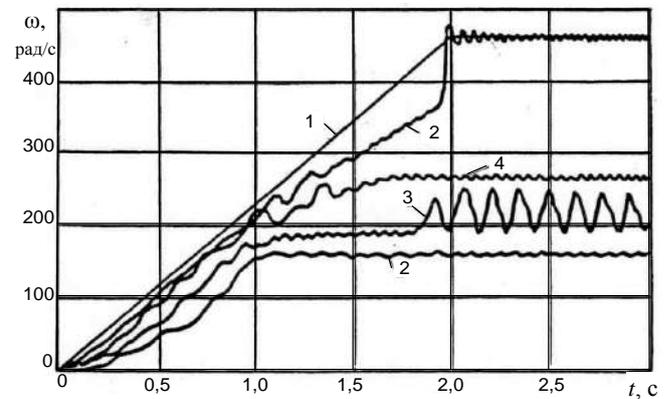


Рисунок 4 – Законы изменения угловых скоростей ротора и маятника второй динамической модели

Анализ полученных результатов полностью подтвердил данные экспериментов о том, что при определенных условиях имеет место режим движения, названный эффектом «застревания», когда ротор вращается с заданной угловой скоростью, а маятники вращаются с угловой скоростью, близкой к критической скорости ротора.

Например, для первой динамической модели этот эффект имел место при $\mu = 0,25 \cdot 10^{-3}$ Н·м·с $< 0,8 \cdot 10^{-3}$ Н·м·с. При $\mu = 0,25 \cdot 10^{-3}$ ротор вращается с заданной угловой скоростью $\omega_p = 150$ рад/с, а маятники колеблются около нижнего положения равновесия. При $\mu > 0,8 \cdot 10^{-3}$ Н·м·с, ко-

гда $2ml \leq Me$, начинается процесс автоматической балансировки. Это показано на рисунке 3, где кривая разгона двигателя и маятника при эффекте «застревания» 2 и при автобалансирующем процессе.

На рисунке 4 приведены кривые разгона ротора 1 и маятников 2–5, рассчитанные для второй динамической модели.

При величине $\mu < 1 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ ротор разгоняется до заданной угловой скорости, а маятники колеблются около положения равновесия.

Если величина $\mu = 0,5 \cdot 10^{-3} \dots 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$, то ротор после разгона вращается с заданной угловой скоростью, а угловая скорость маятников (кривая 2, рисунке 4) колеблется с малой амплитудой $\Delta\omega = 3,1 \text{ рад/с}$ около значения $\omega_m = 169,6 \text{ рад/с}$, которое близко к значениям первой критической скорости $\omega_1 = 176,69 \text{ рад/с}$ и все четыре маятника ориентированы в одну сторону. При изменении величины μ от $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ до $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ угловая скорость маятников (кривая 3, рисунке 4) непостоянна, её значение колеблется между величинами первой и второй критических скоростей ротора и маятники в разных парах движутся, располагаясь противоположно друг другу.

При величине $\mu = 1,5 \cdot 10^{-2} \dots 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ в процессе разгона угловая скорость маятников (кривая 4, рисунок 4) колеблется с малой амплитудой $\Delta\omega = 4,6 \text{ рад/с}$ около значения $\omega_m = 271,1 \text{ рад/с}$, совпадает с величиной второй критической скорости $\omega_2 = 274,76 \text{ рад/с}$. В установившемся режиме движения маятники в разных парах направлены противоположно друг другу, образуя как бы вращающуюся по отношению к ротору пару сил. И в том, и в другом случаях «застревания» маятников колебания ротора носят характер вынужденных колебаний, возникающих в результате наложения собственных и вынужденных колебаний, а амплитуды колебаний и реакции в опорах ротора намного больше, чем у ротора без маятников. Если величина $\mu = (2,0 \cdot 10^{-2} \dots 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с})$, то угловые скорости маятников (кривая 5, рисунок 4) после

разгона становятся равными угловой скорости ротора и происходит процесс автоматической балансировки. Если же $\mu > 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$, то ротор и маятники после разгона имеют одинаковые угловые скорости, но автоматической балансировки не происходит. Из-за большого трения маятники не могут найти «легкое» место и раздвинуться, чтобы компенсировать дисбаланс. Они занимают каждый раз по отношению к ротору случайное положение и угол между ними равен нулю.

Заключение. Результаты механико-математического моделирования динамики разгона и стационарного движения ротора со статической неуравновешенностью и двумя маятниками и ротора, имеющего статическую и моментную неуравновешенности, с четырьмя маятниками подтвердили данные эксперимента о возможности появления эффекта «застревания» маятников, который заключается в том, что при определении соотношения между моментами сопротивления в опорах маятников, расположенных на горизонтальном роторе с возможностью свободного вращения, и их статическими моментами имеет место такой режим движения, когда ротор вращается с заданной угловой скоростью, а угловая скорость вращения маятников близка или совпадает с одной из критических скоростей ротора.

Список литературы

- 1 Вибрации в технике. Т. 2. Колебания нелинейных систем. – М. : Машиностроение. – 1979. – 352 с.
- 2 Капица, П. Л. Динамическая устойчивость маятника при колеблющейся точке подвеса / П. Л. Капица. – ИС ЭТФ, 1951. – Т. 25. – С. 588–597.
- 3 Блехман, И. И. Синхронизация динамических систем / И. И. Блехман. – М. : Наука, 1971. – 894 с.
- 4 Жаров, В. П. Новый эффект в нелинейной механике / В. П. Жаров, А. И. Артюнин // Механика деформируемых тел : междунар. вуз. сб. науч. тр. / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1992. – С. 3–11.

Получено 10.10.2016

S. V. Eliseyev, A. I. Artyunin, Mechanical mathematical modeling of effect of «crawling» of pendulums on revolving rotor.

The results of investigation of new phenomenon in revolving of rigid rotor in elastic supports with four auto balance pendulums are discussed. The rotor is revolving with some work velocity but pendulums are moving with frequency which are equal one from two critical velocity of revolve of rotor connecting with linear or angular parameters of movement. The procedure of mathematical models construction for system with eight degrees of freedom is offered. Dynamical interactions properties between partial systems which is accept fixed form motion selforganization of free suspended pendulum group.

Key words: automatical balancing, pendulum balancers, critical velocities of revolve, dynamics of rotor systems.

УДК 666.97:620.133/.199

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Д. Н. ШЕВЧЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НАЧАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА

Приведены результаты исследования начальной карбонизации (распределения карбонатной составляющей) по сечению бетонов классов по прочности ($C^{12/15}-C^{30/37}$) составов с ОК = 1 и 4 сразу после изготовления бетона с применением ТВО. Получены регрессионные зависимости начальной карбонизации. Выполнена проверка их значимости методами математической статистики. На основании полученных результатов предложена математическая расчетно-экспериментальная модель карбонизации по сечению основных классов бетона сразу после изготовления.

Введение. Для железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК), эксплуатирующихся в воздушной среде, основным фактором, определяющим коррозионное состояние бетона и стальной арматуры, и как следствие, их техническое состояние, является карбонизация бетона [1]. Со временем она вызывает структурные изменения цементного камня, изменяя щелочность поровой жидкости, определяющей защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре, что способствует образованию и развитию различной степени интенсивности коррозии стальной арматуры [1].

Получение расчетно-экспериментальной модели развития карбонизации – сложная многоэтапная задача. Для ее создания необходимо:

- исследовать изменение карбонизации по сечению бетонов различных составов для каждого основного класса по прочности сразу после изготовления бетона (начальную карбонизацию);

- исследовать изменение карбонизации во времени в зоне расположения арматуры для бетонов различных классов по прочности;

- получить регрессионные зависимости развития карбонизации по сечению бетонов основных классов по прочности для различных составов сразу после изготовления бетона;

- получить регрессионные зависимости развития карбонизации во времени в зоне расположения арматуры бетонов различных классов по прочности;

- на основании анализа полученных выражений предложить расчетно-экспериментальные зависимости изменения карбонизации во времени по сечению бетонов различных классов по прочности при проектировании ЖБЭ (ЖБК) и в зависимости от количества использованного цемента – при проектировании состава бетонной смеси;

- получить расчетно-экспериментальные зависимости изменения карбонизации во времени по сечению бетонов различных классов по прочности в зависимости от фактического значения карбонизации при обследовании ЖБЭ и ЖБК.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Задачей исследований явилось выполнение первого этапа – создание расчетно-экспериментальной модели изменения карбонизации по сечению бетонов различных классов по прочности для основных типов ЖБЭ и ЖБК сразу после их изготовления с применением ТВО.

Для оценки и прогнозирования карбонизации при исследовании цементно-песчаной фракции бетона

определяли карбонатную составляющую (показатель КС), поскольку именно от него зависит количество образовавшегося карбоната кальция ($CaCO_3$) и, как следствие, карбонизация бетона.

Показатель КС определяли объемно-газовым методом [2]. Статистическую обработку экспериментальных данных производили при помощи табличного процессора «Excel».

Для определения начальных параметров карбонизации (показателя $КС_0$) исследовали кубики сечением $100 \times 100 \times 100$ мм, изготовленные в заводских условиях из бетонов классов по прочности $C^{12/15}-C^{30/37}$ различных составов для основных типов ЖБЭ. Для подбора составов использовался многофакторный метод проф. В. В. Бабицкого. При выборе составов учитывались требования ТНПА в части рекомендуемых марок цемента, количества цемента и параметров бетонной смеси для различных типов ЖБЭ.

Исследовали образцы с минимальным и максимальным содержанием цемента для каждого класса бетона по прочности (с ОК = 1 и 4).

Составы бетона приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы образцов бетона

Класс бетона по прочности на сжатие	В/Ц	Осадка конуса, см	Состав смеси, кг/м ³				
			Ц	П	Щ	В	С-3, $k = 8\%$
$C^{12/15}$	0,858	1	194	851	1194	166	15,5
	0,856	4	212	832	1158	181	17,0
$C^{16/20}$	0,655	1	250	793	1210	164	20,0
	0,653	4	273	773	1172	178	21,8
$C^{18/22,5}$	0,587	1	277	770	1213	163	22,2
	0,599	4	302	751	1161	181	24,2
$C^{20/25}$	0,546	1	303	746	1208	165	24,2
	0,546	4	331	729	1160	181	26,5
$C^{22/27,5}$	0,502	1	328	727	1207	165	26,2
	0,489	4	349	713	1188	171	27,9
$C^{25/30}$	0,453	1	353	714	1212	160	28,2
	0,466	4	392	676	1154	183	31,4
$C^{28/35}$	0,409	1	411	667	1186	168	32,9
	0,409	4	457	637	1126	187	36,6
$C^{30/37}$	0,391	1	434	653	1177	170	34,7
	0,391	4	482	621	1117	189	38,6

Примечания

1 В/Ц – водоцементное отношение.

2 Ц, П, Щ, В, С-3 – массы цемента, песка, щебня, воды, добавки, кг.

Для изготовления кубиков использовали цемент М500 активностью 28–32 МПа.

После изготовления кубики подвергали тепловлажностной обработке (ТВО) по стандартному режиму.

Для каждого состава бетона на определенный класс по прочности исследовали по четыре кубика. Отбор проб бетона выполняли в соответствии с [1]. Значения KC_0 – по сечению с шагом 2,5 мм.

Поскольку в поверхностном слое бетона происходит разложение образовавшихся карбонатов под воздействием агрессивных кислых газов, что особенно сказывается при длительной эксплуатации ЖБЭ, за начальное значение принимали отметку сечения – 2,5 мм.

Был получен набор значений показателя KC_0 для каждого сечения (по 10 значений с учетом отбраковки с погрешностью более 20 %), по которым были построены усредненные экспериментальные регрессионные зависимости $l-KC_0$, приведенные для составов с ОК = 1 на рисунке 1.

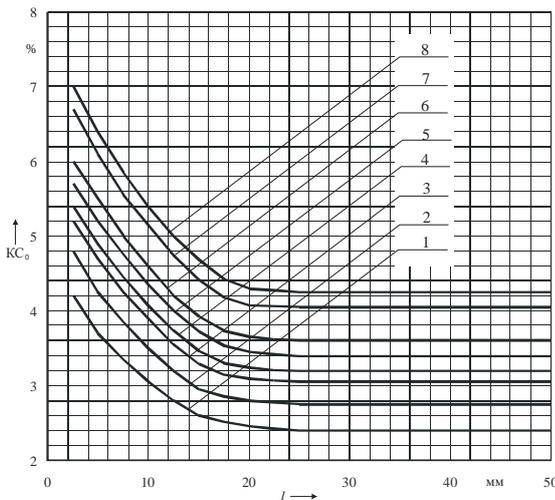


Рисунок 1 – Распределение карбонатной составляющей по сечению образцов бетона сразу после ТВО для классов бетона по прочности:

$$1 - C^{12}/_{15}; 2 - C^{16}/_{20}; 3 - C^{18}/_{22.5}; 4 - C^{20}/_{25}; 5 - C^{22}/_{27.5}; 6 - C^{25}/_{30}; 7 - C^{28}/_{35}; 8 - C^{30}/_{37}$$

Проверка значимости регрессионной модели выполнялась методами математической статистики.

Для каждого сечения (2,5–25 мм) всех классов бетона с шагом 2,5 мм строились гистограммы остатков. Для проверки того, что неучитываемые в модели факторы взаимно компенсируются и среди них нет значимых влияющих (помимо уже учтенных), проверялась гипотеза о нормальном распределении остатков с нулевым математическим ожиданием.

На рисунке 2 и в таблице 2 представлена, оценка значимости регрессионной модели $l-KC_0$ для сечения 5,0 мм бетона класса по прочности $C^{12}/_{15}$.

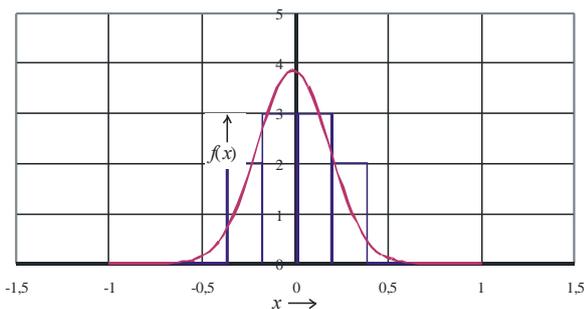


Рисунок 2 – Гистограмма остатков с нанесенной функцией плотности нормального распределения для сечения 5,0 мм

Таблица 2 – Статистическая проверка остатков регрессионной модели для сечения 5,0 мм

Параметр	«Нормальность» остатков		Отсутствие систематической ошибки
	Статистика Шапиро – Вилка, P-Value	Статистика Колмогорова – Смирнова, P-Value	t-статистика Стьюдента, P-Value
Остаток	0,453597	0,902483	0,860972

Проверка «нормальности» остатков осуществлялась критериями Шапиро – Вилка, Колмогорова – Смирнова, реализованными в пакете Statgraphics. Отсутствие систематической ошибки определялось критерием Стьюдента.

Значимость регрессионной модели определялась критерием Фишера.

Статистическая проверка остатков регрессионной модели для бетона класса по прочности $C^{12}/_{15}$ приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Статистическая проверка остатков регрессионных моделей для бетона класса по прочности $C^{12}/_{15}$

Статистическая проверка	«Нормальность» остатков	Отсутствие систематической ошибки	Адекватность модели			
			Статистика Фишера F-ratio	P-Value		
Параметр	Сечение, мм	Статистика Шапиро-Вилка, P-Value	Статистика Колмогорова-Смирнова, P-Value	t-статистика Стьюдента, P-Value	5,01232	0,733422
Остатки	2,5	0,916114	0,974589	0,413864		
	5,0	0,453597	0,902483	0,860972		
	7,5	0,876427	0,993139	0,412097		
	10,0	0,731286	0,943848	0,701185		
	12,5	0,916864	0,999581	0,144112		
	15,0	0,314978	0,855167	0,723929		
	17,5	0,138313	0,343340	0,457120		
	20,0	0,281766	0,852560	0,626846		
	22,5	0,940944	0,978880	0,508345		
	25,0	0,093214	0,639199	0,210498		

Проверка показала, что по всем сечениям значения показателя P-value (критерии Шапиро – Вилка, Колмогорова – Смирнова и Стьюдента) значительно больше 0,05, что свидетельствует о том, что гипотезы о нормальном распределении остатков и нулевым математическом ожидании остатков согласуются с фактическими данными. А поскольку для критерия Фишера значения показателя P-value значительно меньше 0,05, то гипотеза о «неадекватности» модели отклонена и с вероятностью, превышающей 0,95 (принятой в инженерной практике для оценки уровня значимости), можно утверждать, что все полученные регрессионные модели адекватно описывают предложенные зависимости.

Для описания полученных регрессионных зависимостей использовалась авторская пятипараметрическая математическая модель, предложенная в [2]

$$KC_0(l/t=0) = \beta_0 + \beta_1 e^{-\left(\frac{l-\beta_2}{\beta_3}\right)^{\beta_4}}, \quad (1)$$

где $\beta_0 - \beta_4$ – коэффициенты, определяющие соответственно: β_0 – наименьшее значение $KC(l)$ [обычно, $\beta_0 = KC(l > 100 \text{ мм})$]; β_1 – разность минимального и максимального значений $KC(l)$; β_2 – минимальное значение глубины l (обычно $\beta_2 = 0$); β_3 – форму кривой и координаты точек перегиба, $\beta_3 > 0$; β_4 – форму кривой и координаты точек перегиба, $\beta_4 > 0$.

Параметры β_i ($i = 0 \dots 4$) нелинейной функции (1) определялись численно на ЭВМ методом наименьших квадратов.

При описании регрессионных уравнений были подобраны параметры β_i ($i = 0 \dots 4$), позволившие получить максимальные значения коэффициента детерминации (R^2) для каждого уравнения, однако, параметры $\beta_0 - \beta_4$ для каждого класса бетона, соответственно, хоть и близки, но отличаются, что не позволяет их использовать при создании единой системы уравнений – модели, позволяющей прогнозировать изменение генерального элемента (показателя KC_0) для любого класса бетона по прочности по значению основных показателей состава (количества цемента, В/Ц и т. д.). Поэтому в дальнейшем подбор параметров β_i осуществляли из условия равенства показателей β_2, β_3 и β_4 для всех составов бетона. Это несколько снизило показатель R^2 для каждого выражения, но позволило создать систему взаимосвязанных уравнений с достаточной точностью.

Полученные параметры регрессионных уравнений для составов с ОК = 1 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения параметров регрессионных уравнений $l - KC_0$ в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие для составов с ОК = 1

Класс бетона по прочности на сжатие	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	R^2
$C^{12}/_{15}$	2,33	740742	-100	5,05	0,85	0,978652
$C^{16}/_{20}$	2,64	863755				0,985486
$C^{18}/_{22,5}$	2,94	914926				0,986994
$C^{20}/_{25}$	3,09	938093				0,987364
$C^{22}/_{27,5}$	3,29	983110				0,989376
$C^{25}/_{30}$	3,42	1028144				0,988291
$C^{28}/_{35}$	3,92	1130050				0,988758
$C^{30}/_{37}$	4,12	1174605				0,990212

Регрессионные зависимости изменения показателя KC_0 по сечению для бетонов сразу после ТВО для составов с ОК=1 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Регрессионные зависимости карбонизации по сечению различных классов бетона по прочности составов с ОК = 1 сразу после ТВО

Класс бетона по прочности на сжатие	Регрессионная зависимость начальной карбонизации
$C^{12}/_{15}$	$KC_0(l/t=0) = 2,33 + 740742e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{16}/_{20}$	$KC_0(l/t=0) = 2,64 + 863755e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{18}/_{22,5}$	$KC_0(l/t=0) = 2,94 + 914926e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{20}/_{25}$	$KC_0(l/t=0) = 3,09 + 938093e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{22}/_{27,5}$	$KC_0(l/t=0) = 3,29 + 983110e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{25}/_{30}$	$KC_0(l/t=0) = 3,42 + 1028144e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{28}/_{35}$	$KC_0(l/t=0) = 3,92 + 1130050e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{30}/_{37}$	$KC_0(l/t=0) = 4,12 + 1174605e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$

Аналогично исследовали образцы бетонов классов по прочности $C^{12}/_{15} - C^{30}/_{37}$ для составов с ОК = 4.

Для составов с ОК = 1 и 4 бетонов классов по прочности $C^{12}/_{15} - C^{30}/_{37}$ исследовались фактические различия значений показателей карбонатной составляющей.

В таблице 5 приведена выборка из анализа – значения показателя KC_0 для бетонов классов по прочности $C^{12}/_{15} - C^{22}/_{27,5}$.

Таблица 5 – Прогнозные значения показателя KC_0 , %, для бетонов классов по прочности $C^{12}/_{15} - C^{22}/_{27,5}$ составов с ОК=1 и 4

Параметр	Значение карбонатной составляющей KC_0 , %									
	$C^{12}/_{15}$		$C^{16}/_{20}$		$C^{18}/_{22,5}$		$C^{20}/_{25}$		$C^{22}/_{27,5}$	
Сечение, мм	ОК1	ОК4	ОК1	ОК4	ОК1	ОК4	ОК1	ОК4	ОК1	ОК4
2,5	4,14	4,34	4,75	5,06	5,18	5,49	5,38	5,80	5,69	5,60
5,0	3,72	3,90	4,25	4,55	4,65	4,94	4,84	5,22	5,13	5,41
7,5	3,39	3,53	3,87	4,16	4,24	4,52	4,43	4,78	4,70	4,96
10,0	3,14	3,20	3,58	3,86	3,94	4,17	4,14	4,45	4,39	4,60
12,5	2,95	3,10	3,36	3,64	3,70	3,95	3,88	4,19	4,12	4,35
15,0	2,81	2,95	3,20	3,46	3,52	3,76	3,69	3,99	3,93	4,15
17,5	2,70	2,83	3,07	3,33	3,38	3,62	3,55	3,84	3,78	3,99
20,0	2,61	2,74	2,97	3,23	3,28	3,51	3,44	3,73	3,67	3,88
22,5	2,55	2,68	2,89	3,15	3,19	3,42	3,36	3,64	3,58	3,79
25,0	2,50	2,62	2,83	3,09	3,13	3,36	3,30	3,57	3,51	3,72

По результатам анализа получено, что для наиболее различных по составу (количеству использованного цемента) бетонов во всех сечениях значения карбонатной составляющей различаются не более, чем на 9 %, т.е. средние значения показателя KC_0 отличаются от крайних значений не более, чем на 4,5 %, что практически не превышает погрешность самих методов измерения. Поэтому в дальнейшем состав бетона (количество использованного цемента) для одного класса по прочности, можно считать статистически незначимым, что позволяет предложить единые усредненные для одного класса бетона по прочности регрессионные зависимости начальной карбонизации по сечению бетонов (таблица 6).

Таблица 6 – Усредненные регрессионные зависимости начальной карбонизации по сечению различных классов бетона по прочности

Класс бетона по прочности на сжатие	Регрессионная зависимость начальной карбонизации
$C^{12}/_{15}$	$KC_0(l/t=0) = 2,39 + 759364e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{16}/_{20}$	$KC_0(l/t=0) = 2,77 + 874723e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{18}/_{22,5}$	$KC_0(l/t=0) = 3,04 + 937631e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{20}/_{25}$	$KC_0(l/t=0) = 3,22 + 971835e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{22}/_{27,5}$	$KC_0(l/t=0) = 3,39 + 1005627e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{25}/_{30}$	$KC_0(l/t=0) = 3,62 + 1059095e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{28}/_{35}$	$KC_0(l/t=0) = 4,12 + 1175041e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$
$C^{30}/_{37}$	$KC_0(l/t=0) = 4,32 + 1220706e^{-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}}$

Заключение. Выполненные исследования позволили предложить расчетно-экспериментальную математическую модель карбонизации по сечению бетонов различных (основных) классов по прочности сразу после изготовления с применением ТВО.

Она может быть использована:

- для получения расчетно-экспериментальных регрессионных зависимостей карбонизации по сечению бетонов различных классов по прочности сразу после изготовления с применением ТВО в зависимости от количества использованного цемента;
- как основа при создании расчетно-эксперимен-

тальной модели карбонизации во времени по сечению бетонов различных классов по прочности.

Список литературы

1 **Васильев, А. А.** Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.

2 **Васильев, А. А.** Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.

Получено 28.05.2015

A. A. Vasilyev, D. N. Shevchenko. Mathematical settlement and experimental model of initial carbonization of concrete.

Results of research of initial carbonization (distribution of a carbonate component) on the section of concrete of classes on durability ($C^{12/15}$ – $C^{30/37}$) of structures with CD = 1 and 4 right after production of concrete with application of HMP are given. Regression dependences of initial carbonization are received. Check of their importance is executed by methods of mathematical statistics. On the basis of the received results the mathematical settlement and experimental model of carbonization on the section of the main classes of concrete right after production is offered.

УДК 693.94

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Е. В. БЕЛЯЕВА, магистрант, А. Н. БУЛАВКО, студент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ БЕТОНА ПО ОТНОШЕНИЮ К СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЕ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ ОТКРЫТОЙ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ВТОРИЧНОЙ ЗАЩИТЫ БЕТОНА СОСТАВОМ «ГС ПЕНЕТРАТ»

На основании лабораторных исследований образцов бетона, изготовленных в заводских условиях с применением тепловлажностной обработки (ТВО), и использованием вторичной защиты составом «ГС Пенетрат» получены регрессионные зависимости изменения карбонатной составляющей (показателя КС) и степени карбонизации (СК) по сечению для различных классов бетона по прочности и сроков эксплуатации в условиях повышенной агрессивности открытой атмосферы. Показано, что применение вторичной защиты в значительной степени уменьшает карбонизацию бетона, повышая его защитные свойства по отношению к стальной арматуре и, как следствие, долговечность железобетонных элементов и конструкций.

Введение. Основную долю строительных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в настоящее время, составляют железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК) различных типов, что, как следствие, обуславливает эксплуатационную надежность и долговечность большинства зданий и сооружений в целом.

Массовость применения железобетона в зданиях и сооружениях, многолетние сроки службы, условия эксплуатации от нормальных до сильноагрессивных, качество эксплуатации обуславливают значительную повреждаемость ЖБЭ и ЖБК.

Систематизация повреждений по видам и их количественное соотношение исследуются многочисленными авторами. Так, процентное соотношение основных типов повреждений ЖБЭ (ЖБК) по результатам анализа авторов [1] представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Количественное соотношение между повреждениями ЖБЭ (ЖБК)

Наименование повреждения	Процент от общего количества
Коррозия стальной арматуры под воздействием хлоридов (внутренних и внешних)	37,8
Коррозия арматуры вследствие карбонизации бетона	16,7
Размораживание бетона	11,1
Химические воздействия	3,6
Внутренняя коррозия бетона	8,9
Усадочные деформации	13,9
Абразия/эрозия	3,3
Кавитационные повреждения	1,1
Пластическое растрескивание	0,9
Термическое растрескивание	2,7

Приведенные данные показывают, что более чем в 50 % описанных случаев повреждения бетона были связаны с коррозией стальной арматуры из-за наличия хлоридов или развития карбонизации бетона.

Многолетние исследования доцента А. А. Васильева поврежденности ЖБЭ, эксплуатиовавшихся различные сроки в условиях открытой атмосферы, показывают, что в длительно эксплуатируемых элементах и конструкциях из общей доли повреждений до 80 % составляют коррозия бетона и (или) стальной арматуры [2].

Поскольку большинство ЖБЭ и ЖБК эксплуатируются в различных атмосферных условиях, одной из основных причин их повреждаемости является воздействие агрессивных компонентов воздушной среды на конструкции зданий и сооружений в процессе их длительной эксплуатации. А так как основным видом коррозии бетона элементов и конструкций, эксплуатирующихся в условиях агрессивности атмосферных сред, является карбонизация, и именно структурные изменения бетона, инициированные непрерывающимся взаимодействием углекислого газа воздуха с гидроксидом кальция, вызывая нейтрализацию бетона, определяют состояние его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, и, в значительной степени, техническое состояние ЖБЭ (ЖБК) в целом, для обеспечения длительной безопасной эксплуатации железобетона необходима его защита, в первую очередь, от воздействия углекислого газа воздуха.

Наиболее целесообразными являются меры первичной защиты. Несмотря на их преимущества, они еще не получили широкого применения. Кроме того, объемы уже построенных и введенных в эксплуатацию зданий и сооружений с использованием ЖБЭ и ЖБК огромны и с каждым днем растут, а продлить срок службы эксплуатирующихся ЖБЭ и ЖБК можно, используя вторичную защиту – пропитку бетонных поверхностей, контактирующих с эксплуатационной средой обработкой гидрофобизирующими составами. Однако остается вопрос: оценка увеличения срока безопасной эксплуатации, поскольку существующие методики позволяют оценить изменение отдельных физико-механических характеристик бетона, но не дают возможности определить количественные характеристики изменения защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре.

Один из возможных (а по сути – единственный на данный момент) способ оценки долговечности ЖБЭ и ЖБК – на основе предложенных расчетно-экспериментальных моделей параметров карбонизации бетона [3] и критериев оценки технического состояния железобетонных элементов и конструкций с учетом карбонизации бетона [4].

Для оценки изменения защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре использовали материал, сочетающий действие проникающей гидроизоляции

и мембранной обмазочной гидроизоляции – «Состав гидроизоляционный проникающий ГС Пенетрат» (ТУ ВУ 100926738.017-2011). Это кристаллообразующий материал глубокого проникновения, предназначенный для значительного увеличения водонепроницаемости и предотвращения капиллярного проникновения влаги через бетон [5].

Механизм гидроизоляции составов проникающего действия сводится к химической реакции активных реагентов (пенетратов) со свободной известью и капиллярной водой в бетоне. Ее результатом является образование труднорастворимых продуктов, гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, коагулирующих капиллярно-пористую структуру бетона.

Результаты исследований. Для оценки эффективности применения состава «ГС Пенетрат» в качестве защиты от карбонизации по сечению бетона исследовали кубики сечением 100×100×100 мм, выполненные в заводских условиях из бетонов классов по прочности $C^{16}/_{20}$, $C^{18}/_{22,5}$, $C^{20}/_{25}$, $C^{25}/_{30}$.

Составы бетона образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы бетона образцов

Класс бетона по прочности на сжатие	В/Ц	Состав смеси, кг/м ³				
		Ц	П	Щ	В	С-3,
$C^{16}/_{20}$	0,654	257	783	1191	171	20,9
$C^{20}/_{25}$	0,546	317	738	1184	173	25,4
$C^{25}/_{30}$	0,460	373	690	1183	172	29,9

Примечания
 1 В/Ц – водоцементное отношение.
 2 Ц, П, Щ, В, С-3 – массы цемента, песка, щебня, воды, добавки, кг.

Было изготовлено по две серии (по три кубика) для каждого класса бетона по прочности на сжатие. После изготовления кубики подвергали тепловлажностной обработке (ТВО) в заводских условиях по стандартному режиму. После ТВО по сечению всех кубов (с одной грани), с шагом 5 мм, определялся показатель КС, % (карбонатная составляющая).

Отбор образцов и определение показателя КС выполнялись по методикам [6].

Затем образцы 2-й серии обрабатывались составом «ГС Пенетрат». Для приготовления состава смешивали в течение 2 мин вручную 0,25 л воды на 1 кг «ГС Пенетрат» до получения жидкого сметанообразного раствора.

Перед нанесением «ГС Пенетрат» поверхность бетонных образцов увлажнялась до полного влагонасыщения. Гидроизоляционный состав наносился на предварительно очищенную поверхность бетона в 2 слоя кистью из синтетического волокна. Первый слой наносился на влажный бетон. Второй – на свежий, но уже схватившийся первый слой через два часа [3].

После высыхания нанесенного гидроизолирующего слоя в течение 2 суток поддерживалась влажность поверхности кубиков. Растрескивание и шелушение покрытия не наблюдалось.

Группы кубиков (серия 1 – контрольные, без обработки и серия 2 – с обработкой) хранились в атмосферных условиях (класс по условиям эксплуатации ХС4 [7]) в течение 0,5 года.

Атмосферные условия в помещении лаборатории были созданы следующим образом: два раза в день кубики погружались в воду, после чего устанавливались на деревянные подставки под вентилятор; таким обра-

зом кубики ежедневно проходили двойной цикл увлажнения и высыхания.

С учетом среднегодовых климатических данных для г. Гомеля данные лабораторные условия приравнивались к 2 годам эксплуатации бетона в условиях открытой атмосферы, области ускоренной карбонизации [3].

По результатам испытаний были построены усредненные зависимости изменения показателя КС по сечению бетона для всех серий кубиков каждого класса бетона по прочности на сжатие. После чего для межремонтных сроков 25 и 50 лет принимали прогнозные значения КС по расчетно-экспериментальным моделям карбонизации [3]. Затем, путем интерполяции, через соотношение скоростей карбонизации бетона серий 1 и 2 для двухлетнего возраста, получили регрессионные зависимости карбонизации бетона, обработанного составом «ГС Пенетрат» для возраста 25 и 50 лет.

Поскольку значения карбонатной составляющей не позволяют напрямую оценивать защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре, полученные значения КС в соответствии с методикой [3] пересчитывали в значения степени карбонизации (СК) и по ним строили регрессионные зависимости l -СК. В качестве примера на рисунке 1 приведены полученные регрессионные зависимости l -КС, на рисунке 2 – l -СК, соответственно, для классов бетона по прочности на сжатие $C^{16}/_{20}$ и $C^{25}/_{30}$ для серий кубиков 1 и 2.

Анализ полученных результатов. Для оценки эффективности применения вторичной защиты бетона составом «ГС Пенетрат» использовали критерии оценки технического состояния железобетонных элементов и конструкций с учетом карбонизации бетона [4], предложенные на основе многолетних исследований зависимости состояния защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, коррозионного состояния бетона и стальной арматуры от физико-химических показателей бетона защитного слоя. По полученным и прогнозным показателям СК для контрольных образцов и образцов, обработанных составом «ГС Пенетрат», определяли прогнозные значения (для межремонтного срока 25 лет и планируемого срока эксплуатации 50 лет при эксплуатации в атмосферных условиях области ускоренной карбонизации) категории потери защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, степени коррозии стальной арматуры и технического состояния ЖБЭ (ЖБК).

В качестве примера в таблице 3 приведены результаты исследований изменения параметров карбонизации и защитных свойств для бетонов классов по прочности $C^{16}/_{20}$ и $C^{25}/_{30}$. Проведенный анализ позволил оценить возможности состава «ГС Пенетрат».

В условиях открытой атмосферы в зоне ускоренной карбонизации для бетона с применением состава «ГС Пенетрат» наблюдается значительное снижение степени карбонизации по сечению бетона:

– класса по прочности $C^{16}/_{20}$, для возраста 2 года – на 17–6; для межремонтного срока 25 лет – на 30–16; для срока эксплуатации 50 лет – на 34–19 %;

– класса по прочности $C^{20}/_{25}$, для возраста 2 года – на 9–3; для межремонтного срока 25 лет – на 18–9; для срока эксплуатации 50 лет – на 20–11 %;

– класса по прочности $C^{25}/_{30}$, для возраста 2 года – на 5–2; для межремонтного срока 25 лет – на 11–5; для срока эксплуатации 50 лет – на 12–6 %.

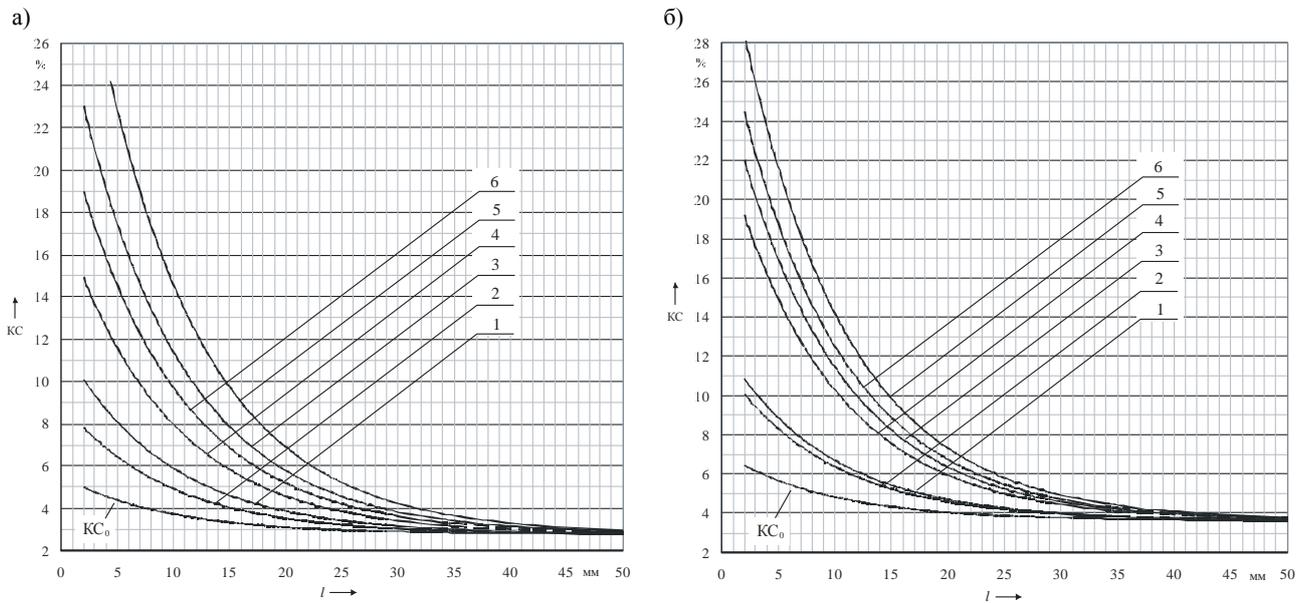


Рисунок 1 – Изменение карбонатной составляющей по сечению бетона с применением вторичной защиты в атмосферных условиях для области ускоренной карбонизации:

a – класс бетона по прочности на сжатие $C^{16}/_{20}$; *б* – класс бетона по прочности на сжатие $C^{25}/_{30}$;

KC_0 – значение карбонатной составляющей сразу после изготовления с применением ТВО; 1 и 2 – экспериментальные значения карбонатной составляющей в возрасте 2 лет, соответственно, серии 1 – без обработки и серии 2 – с обработкой; 3 и 4 – прогнозные (модельные) значения карбонатной составляющей в возрасте 25 лет, соответственно, серии 1 – без обработки и серии 2 – с обработкой; 5 и 6 – прогнозные (модельные) значения карбонатной составляющей в возрасте 50 лет, соответственно, серии 1 – без обработки и серии 2 – с обработкой

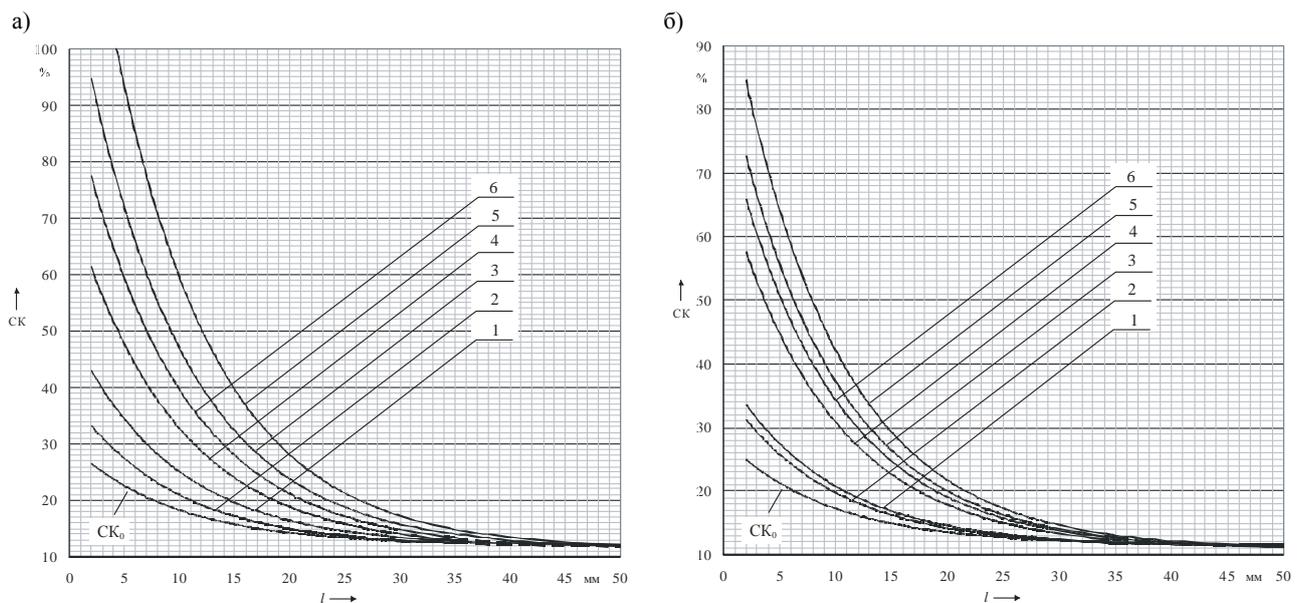


Рисунок 2 – Изменение степени карбонизации по сечению бетона с применением вторичной защиты в атмосферных условиях для области ускоренной карбонизации:

a – класс бетона по прочности на сжатие $C^{16}/_{20}$; *б* – класс бетона по прочности на сжатие $C^{25}/_{30}$;

$СК_0$ – значение степени карбонизации сразу после изготовления с применением ТВО; 1 и 2 – экспериментальные значения степени карбонизации в возрасте 2 лет, соответственно, серии 1 – без обработки и серии 2 – с обработкой; 3 и 4 – прогнозные (модельные) значения степени карбонизации в возрасте 25 лет, соответственно, серии 1 – без обработки и серии 2 – с обработкой; 5 и 6 – прогнозные (модельные) значения степени карбонизации в возрасте 50 лет, соответственно, серии 1 – без обработки и серии 2 – с обработкой

Применение вторичной защиты составом «ГС Пенетрат» позволяет значительно улучшить защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре:

- бетона класса по прочности $C^{16}/_{20}$, для межремонтного срока 25 лет – на одну категорию в поверхностных слоях; для срока эксплуатации 50 лет – на одну категорию;

- бетона класса по прочности $C^{20}/_{25}$, для сроков 25 и 50 лет – на одну категорию в поверхностных слоях.

Для бетона класса по прочности $C^{25}/_{30}$ применение вторичной защиты не уменьшает категорию потери защитных свойств, но значительно уменьшает степень карбонизации

Использование в качестве вторичной защиты состава «ГС Пенетрат» дает возможность прогнозировать уменьшение категории технического состояния для ЖБЭ, эксплуатирующихся длительный срок в условиях открытой атмосферы, выполненных их бетона класса по прочности $C^{16}/_{20}$ на одну ступень.

Таблица 3 – Анализ изменения состояния ЖБЭ (ЖБК) для условий повышенной агрессивности открытой атмосферы

Сечение, мм	КС, %		СК, %		Уменьшение СК, % (СК _к -СК _д)/СК _к	Категория потери защитных свойств по отношению к стальной арматуре		Степень коррозии стальной арматуры		Категория технического состояния ЖБЭ (ЖБК)	
	К	Д	К	Д		К	Д	К	Д	К	Д
Класс бетона по прочности C¹⁶/₂₀											
<i>Срок эксплуатации (межремонтный) – 25 лет</i>											
10	11,4	7,9	46,9	32,7	30	III	II	III	II	III	II
15	7,9	5,8	32,3	23,9	26	II	I	II	I	II	I
20	5,8	4,6	23,8	18,8	21	I	I	I	I	I	I
25	4,6	3,8	18,8	15,8	16	I	I	I	I	I	I
<i>Срок эксплуатации – 50 лет</i>											
10	14,6	9,7	59,5	39,5	34	IV	III	IV	III	IV	III
15	9,7	6,8	39,7	27,9	30	III	II	III	II	III	II
20	6,9	5,2	28,1	21,1	25	II	I	II	I	II	I
25	5,2	4,2	21,3	17,1	19	I	I	I	I	I	I
Класс бетона по прочности C²⁵/₃₀											
<i>Срок эксплуатации (межремонтный) – 25 лет</i>											
10	11,5	10,3	34,4	30,7	11	II	II	II	II	II	II
15	8,2	7,5	24,7	22,6	9	I	I	I	I	I	I
20	6,4	5,9	19,1	17,8	7	I	I	I	I	I	I
25	5,2	5,0	15,7	15,0	5	I	I	I	I	I	I
<i>Срок эксплуатации – 50 лет</i>											
10	14,2	12,5	42,2	37,2	12	III	III	III	III	III	III
15	9,9	8,9	29,3	26,3	10	II	II	II	II	II	II
20	7,3	6,7	21,7	20,0	8	I	I	I	I	I	I
25	5,8	5,5	17,3	16,2	6	I	I	I	I	I	I
Примечание – К – контрольные образцы, Д – образцы с добавкой.											

По результатам исследования видно, что для «низкопрочного» бетона (класса по прочности C¹⁶/₂₀) снижение количественных показателей карбонизации по сечению бетона в среднем в три раза превышает данные показатели для «высокопрочного» бетона (класса по прочности C²⁵/₃₀), что весьма актуально в связи с его более низкой коррозионной стойкостью.

Заключение. Технологичность применения, производство состава на территории Беларуси, эффективность состава «ГС Пенетрат» в совокупности с приемлемой стоимостью создают все условия на его быстрое внедрение для проведения защитных мероприятий как сразу после изготовления (монтажа элементов и конструкций), так и для проведения капитальных ремонтов с целью увеличения сроков службы ЖБЭ и ЖБК.

Список литературы

1 Textbook on behavior, design and performance, Structural Concrete: December 2009 – Bul. 53. – 2nd. ed. – Fid. 3. – 2010. – Vol. 3. – 381 p.

2 Васильев, А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с. – ISBN 978-985-468-978-4.

Получено 22.11.2016

A. A. Vasilyev, E. B. Belyaeva, A. N. Bulavko. Assessment of change of protective properties of concrete in relation to steel fittings for operational conditions of the open atmosphere at application of secondary protection of concrete by structure “GS Penetrat”.

On the basis of laboratory researches of samples of concrete, factory fabricated with application of the warm and moist processing (WMP), and use of secondary protection by structure "GS Penetrat" are received regression dependences of change of a carbonate component (KS indicator) and the extent of carbonization (EC) on section for various classes of concrete on durability and operation terms in the conditions of the increased aggression of the open atmosphere. It is shown that application of secondary protection substantially reduces concrete carbonization, increasing its protective properties in relation to steel fittings and, as a result – durability of reinforced concrete elements and designs.

3 Васильев, А. А. Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 263 с. – ISBN 978-985-554-499-0.

4 Васильев, А. А. Критерии оценки технического состояния железобетонных элементов и конструкций с учетом карбонизации бетона / А. А. Васильев // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : материалы XX междунар. науч.-метод. семинара (Гродно, 17–19 февр. 2016 г.) / М-во образования Респ. Беларусь, ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2016. – С. 225–229.

5 ТТК-100299864.107-2012. Типовая технологическая карта на устройство гидроизоляции монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений с применением составов гидроизоляционных «Пенетрат», Минск : РУП «МИНСКТИПРОЕКТ», 2011. – 69 с.

6 Васильев, А. А. Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.

7 СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции / М-во стр-ва и архитектуры. – Минск, 2003. – 139 с.

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 625.162 (075.8)

И. М. ЦАРЕНКОВА, канд. экон. наук, Н. В. ДОВГЕЛЮК, канд. техн. наук, М. А. МАСЛОВСКАЯ, ассистент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ПУТЕПРОВОДА НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ДОРОГ

Рассмотрено влияние интенсивности движения на пересекающихся автомобильных дорогах, стоимости путепровода и простоя автомобиля на неприоритетной дороге на год строительства путепровода. При пересечении железной дороги автомобильной исследована целесообразность строительства путепровода взамен переезда в зависимости от загрузки автомобильной и железных дорог.

Пересечения автомобильных дорог в одном уровне вызывают большие потери от простоя автотранспорта перед закрытыми сигналами светофоров или шлагбаумами переездов. Кроме того, на пересечениях в одном уровне повышена опасность наездов и столкновений транспорта. Из-за снижения скорости транспортных потоков и простоя у пересечений ежегодно теряются десятки миллионов часов, что равнозначно простоям в течение года с работающими двигателями более 10 тысяч машин.

Через пересечения проходят грунтовые дороги в сельской местности. Ежегодные потери сельского хозяйства из-за плохого содержания местных автомобильных дорог превышают 7–9 млрд рублей. Таким образом, совершенствование системы пересечений дорог становится весьма актуальной задачей.

Согласно существующей методике технико-экономического обоснования выбора типа пересечения с железной дорогой [5] на дорогах V категории с перспективной расчетной интенсивностью движения до 100 авт/сут. не требуется устройство пересечений в разных уровнях. Технико-экономическое обоснование необходимо выполнять для дорог IV категории с учетом и возможного перевода в III категорию.

Экономическая эффективность по вариантам устанавливается по минимуму приведенных затрат, которые определяются по формуле

$$P_{\text{пр}}^{\text{год}} = E_{\text{н}}K + C_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент приведения затрат. K – единовременные капитальные вложения по каждому варианту; $C_{\text{ср}}$ – средние приведенные годовые текущие затраты за нормативный срок окупаемости;

Фактический срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на пересечении в разных уровнях определяется по формуле

$$t_{\text{ф}} = K_{\text{пут}} / (C_{\text{пер}} - C_{\text{пут}}), \quad (2)$$

где $K_{\text{пут}}$ – капитальные вложения в пересечения в разных уровнях; $C_{\text{пут}}$, $C_{\text{пер}}$ – средние текущие годовые затраты за период окупаемости пересечения в разных и одном уровне.

Обоснование проведения самостоятельной реконструкции переезда в пересечение в разных уровнях производится исходя из общей экономической эффективности всех капитальных вложений в строительство путепровода. В частности, необходимо учитывать стоимость дорожной одежды на всем протяжении подходов к путепроводу. Капитальные вложения могут возрасти, если учесть строительство временного объезда с переездом. Возможно увеличение текущих затрат из-за увеличения перепробега транспорта и снижения скорости на объезде. Капитальные вложения могут уменьшиться, если строительство путепровода совпадет с капитальным ремонтом дороги.

Уточним экономическую целесообразность срока строительства путепровода на пересечении автомобильных дорог, используя теорию массового обслуживания. Общая постановка задачи формулируется следующим образом: имеется перекресток дорог, по своим параметрам не отвечающий требованиям движения. В результате возникновения очередей транспортных средств образуются транспортные потери. Чтобы устранить или снизить потери, предлагается строительство путепровода. Реализация проекта требует капитальных вложений.

Отношение величины капитальных вложений к ежедневным потерям от простоев транспортных средств позволяет рассчитать время, в течение которого затраты на реализацию строительства окупятся. Если срок окупаемости не превосходит нормативное значение, то проектное решение экономически эффективно.

Модель массового обслуживания в задачах такого класса может быть одноканальной (участок реконструкции или ремонта), многоканальной (пересечение дорог в двух и более уровнях). Поток заявок на обслуживание являются транспортные средства.

Для решения поставленной задачи в теории массового обслуживания используются зависимости, обслуживающие два потока заявок с приоритетом.

Среднее число автомобилей в системе определяется по формуле

$$\overline{N}_{c2} = \frac{\Psi_2}{1 - \Psi} \left(1 + \frac{\mu_2 \Psi_1}{\mu_1 (1 - \Psi_1)} \right). \quad (3)$$

Среднее время ожидания в очереди

$$t_{\text{ож2}} = \frac{1}{1-\psi} \left(\frac{\psi}{\mu_2} + \frac{\psi_1}{\mu_1(1-\psi_1)} \right), \quad (4)$$

где $\overline{N_{c2}}$ – средняя интенсивность движения автомобилей по не приоритетной дороге, авт./ч; μ_1, μ_2 – пропускная способность по пересекающимся дорогам, авт./ч; ψ_1, ψ_2 – интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке для первой и второй дорог, авт./ч; ψ – суммарная интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке дорог, $\psi_1 + \psi_2$; $t_{\text{ож2}}$ – время ожидания в очереди на не приоритетной дороге, ч.

Приведенные ниже зависимости описывают параметры второго потока, не пользующегося приоритетом.

Интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке для первой и второй дорог

$$\psi_1 = \frac{\lambda_1}{M_1}; \quad \psi_2 = \frac{\lambda_2}{M_2}, \quad (5)$$

где λ_1, λ_2 – интенсивность движения по первой и второй дорогам, авт./ч.

Суточные потери времени автомобилями неприоритетного потока

$$T_s^n = \overline{t_{\text{ож2}}} \lambda_2 T, \quad (6)$$

где T – число автомобиле-часов движения по дороге в сутки, авт.ч/сут.

Срок окупаемости затрат на строительство путепровода

$$t_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пут}}}{T_s^n C_{\text{пр}}^a}, \quad (7)$$

где $C_{\text{пр}}^a$ – стоимость простоя автомобиля на перекрестке, у. е.; $K_{\text{пут}}$ – стоимость путепровода, у. е.

Определить точное значение $C_{\text{пр}}^a$ невозможно, т. к. в транспортном потоке имеется множество классов машин. Для расчетов принята стоимость простоя наиболее массового автомобиля (либо возможно рассчитать среднестатистический показатель методом приведения с учетом процента машин данного класса в составе движения).

Для определения окупаемости строительства путепровода ниже рассмотрен числовой пример с исходными данными, близкими к реальным на перекрестке дорог: интенсивность движения по первой дороге $\lambda_1 = 700$ авт./ч, по второй – $\lambda_2 = 300$ авт./ч. Движение по первой дороге с пропускной способностью $\mu_1 = 1200$ авт./ч. пользуется приоритетом по сравнению с движением по второй дороге $\mu_2 = 1000$ авт./ч. Нормативный срок окупаемости в транспортном строительстве составляет четыре года.

Интенсивность обслуживания автомобилей на перекрестке для первой и второй дорог по формуле (5) составляет: $\psi_1 = \frac{700}{1200} = 0,58$; $\psi_2 = \frac{300}{1000} = 0,30$; тогда $\psi = \psi_1 + \psi_2 = 0,58 + 0,30 = 0,88 < 1$.

Суточные потери времени из-за простоя автомобилей

$$T_{\Sigma}^a = \frac{1}{1-0,88} \left(\frac{0,88}{1000} + \frac{0,58}{1200(1-0,58)} \right) \cdot 300 \cdot 24 = 57,0 \text{ авт.ч/сут.}$$

$$t_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пут}}}{T_{\Sigma}^a C_{\text{пр}}^a}; \quad t_{\text{ок}} = \frac{9000000}{57 \cdot 82} = 598 \text{ сут} = 1,5 \text{ года.}$$

Стоимость путепровода $K_{\text{пут}}$ принята равной 9 млн у. е., а стоимость простоя $C_{\text{пр}}^a = 82$ у. е./ч.

Выполненный расчет показал срок окупаемости затрат – 1,5 года, что меньше нормативного. Следовательно, путепровод экономически целесообразен.

Также произведены расчеты при другой стоимости путепровода (в зависимости от местных условий) и определены сроки окупаемости затрат на строительство путепровода в зависимости от стоимости путепровода и интенсивности движения (и) на пересекающихся автомобильных дорогах, которые приведены в таблице 1.

Графические зависимости срока окупаемости строительства путепровода от его стоимости и интенсивности движения приведены на рисунке 1.

Аналогичная ситуация наблюдается и на пересечениях железной дороги автомобильными (переездах).

Рассмотрим пример определения срока строительства путепровода взамен переезда с использованием теории массового обслуживания. Интенсивность движения по железной дороге составляет $\lambda_1 = 24$ пары поездов в сутки, по автомобильной – $\lambda_2 = 600$ авт./ч. Движение по железной дороге с пропускной способностью $\mu_1 = 72$ пары поездов в сутки пользуется авторитетом по сравнению с движением по автомобильной дороге $\mu_2 = 2000$ авт./ч.

Интенсивность обслуживания автомобилей на переезде для железной и автомобильной дорог:

$$\psi_1 = \frac{24}{72} = 0,33; \quad \psi_2 = \frac{600}{2000} = 0,30;$$

тогда $\psi = \psi_1 + \psi_2 = 0,33 + 0,30 = 0,63 < 1$.

Используются зависимости обслуживания двух потоков заявок с приоритетом. Суточные потери времени автомобилей определяются по формуле

$$T_{\Sigma}^a = \frac{1}{1-\psi} \left(\frac{\psi}{\mu_2} + \frac{\psi_1}{\mu_1(1-\psi_1)} \right) \lambda_2 T. \quad (8)$$

$$T_{\Sigma}^a = \frac{1}{1-0,63} \left(\frac{0,63}{600} + \frac{0,33}{72(1-0,33)} \right) \cdot 600 \cdot 24 = 34,56 \text{ авт.ч/сут.}$$

Срок окупаемости

$$t_{\text{ок}} = \frac{14000000}{34,56 \cdot 82} = 1411 \text{ сут} \approx 3,9 \text{ года.}$$

Выполнены расчеты по определению сроков окупаемости для других исходных данных, приведенных в таблице 2.

Таблица 1 – Сроки окупаемости строительства путепровода в зависимости от его стоимости и интенсивности движения на пересекаемых дорогах

Капитальные вложения в строительство путепровода, $K_{\text{пут}}$, у. е.	Интенсивность движения автомобилей I , авт./ч							
	На главной дороге							
	600		700		800		900	
	На второстепенной дороге							
	200	300	200	300	200	300	200	300
4 000 000	4,0	1,5	2,0	0,5	1,0	0	0	0
9 000 000	9,0	3,0	5,0	1,5	2,0	0	0,5	0
14 000 000	14,0	5,0	7,0	2,0	2,5	0	0,5	0

Примечание – Заштрихованы экономически нецелесообразные сроки строительства путепровода.

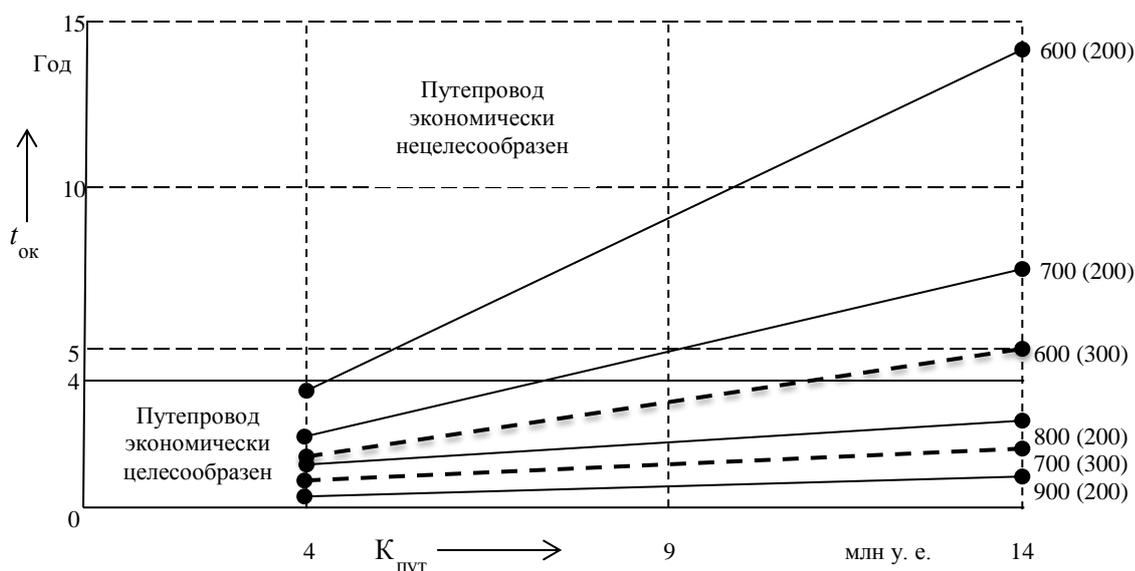


Рисунок 1 – Зависимости экономически целесообразных сроков строительства путепровода на пересечениях автомобильных дорог

Таблица 2 – Исходные данные для определения целесообразности строительства путепровода через железную дорогу

$K_{\text{пут}}$, у. е.	4 000 000		10 000 000		14 000 000	
Число поездов, пп./сут	24	36	24	36	24	36
Интенсивность автомобилей, авт./ч.: min;	600	600	600	600	600	600
max	900	900	900	900	900	900

Зависимости сроков окупаемости строительства путепровода от его стоимости и количества поездов и интенсивности автомобилей приведены на рисунке 2.

Определим срок окупаемости дополнительных капитальных вложений в путепровод при его стоимости 4, 9 и 14 млн у. е. и принятой интенсивности движения на железной и автомобильной дорогах для расчетов по существующей типовой методике. Предварительно определяются транспортные затраты на пересечениях в разных уровнях; увеличение транспортных затрат на переезде в связи со снижением скорости и увеличением времени стоянок перед закрытым слагбаумом переезда; дополнительные затраты на содержание и ремонт охраняемого переезда.

Выполнив расчеты установлено, что использование теории массового обслуживания обеспечивает уменьшение срока окупаемости строительства путепровода на 1 год.

Выводы.

1 С увеличением стоимости путепровода при различной интенсивности движения автомобилей на пересечении дорог срок окупаемости отдалится на тем большую величину, чем меньше интенсивность движения по главной дороге.

2 Сравнив пропускную способность существующего и намечаемого к строительству объектов, можно рассчитать экономический эффект, полученный инвестором.

3 Используя предложенную методику расчета экономической целесообразности строительства путепровода с учетом интенсивности движения по автомобильным дорогам или по железной и автомобильной дороге (переезд), можно определить время строительства путепровода, причем оно будет меньше на один год, чем по типовой методике.

4 В качестве способа сокращения затрат по строительству путепровода необходимо производить дальнейшее исследование эффективности сравнения вариантов пересечений в одном и в разных уровнях при различных темпах роста интенсивности движения на автомобильных и железных дорогах, с учетом совместной работы рядом находящихся пересечений дорог.

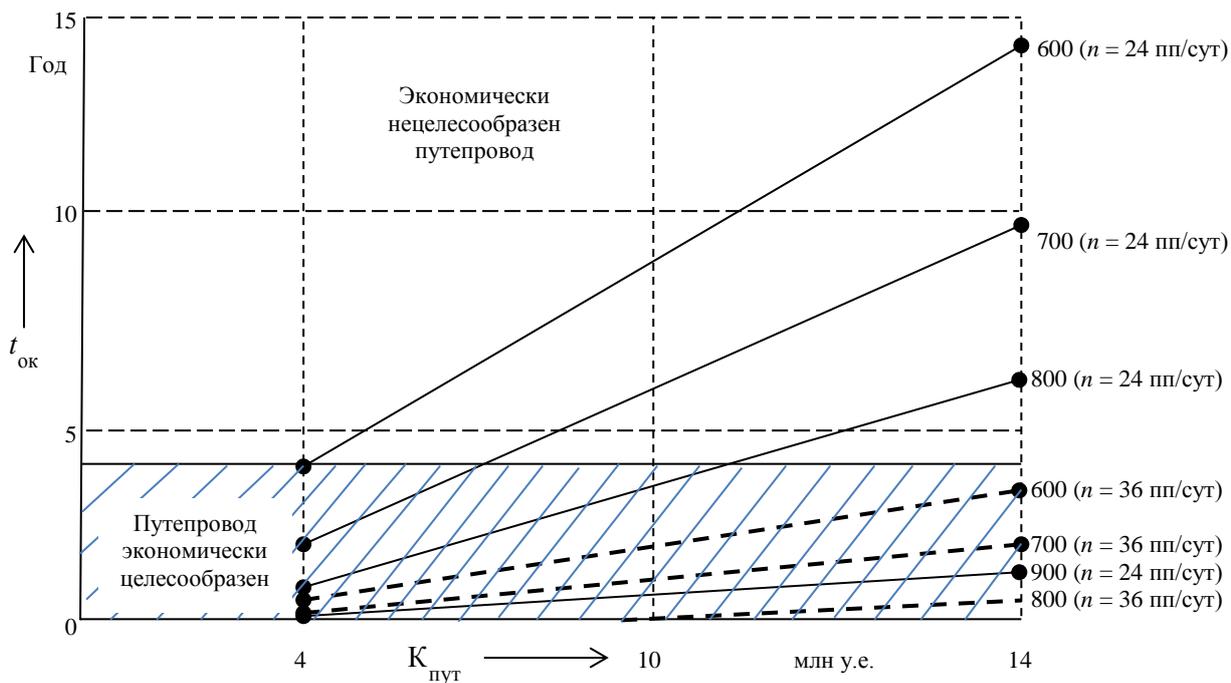


Рисунок 2 – Зависимости экономически целесообразных сроков строительства путепровода на пересечении автомобильной дороги с железной

Список литературы

- 1 Козин, Р. Г. Математическое моделирование: примеры решения задач учеб.-метод. пособие / Р. Г. Козин : – М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – 176 с.
- 2 Экономико-математические методы и модели : учеб. пособие / Н. И. Холод [и др.] ; под ред. А. В. Кузнецова. – Минск : БГЭУ, 1999. – 413 с.
- 3 Математическое моделирование экономических процессов

на железнодорожном транспорте : учеб. / под ред. А. Б. Каплана. – М. : Транспорт, 1984. – 256 с.

4 Ложковский, А. Г. Расчет одноканальных систем с бесконечной очередью при экспоненциальной длительности обслуживания / А. П. Ложковский // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2009. – № 2. – С. 10–13.

5 Строительно-технические нормы СТИ Ц-01-95. Железные дороги колеи 1520 мм. – М. : Стройиздат, 1995. – 86 с.

Получено 10.10.2016.

I. M. Tsarenkova, N. V. Dovgelyuk, M. A. Maslovskaya. Economic feasibility of building an overpass at the crossroads.

The effect of traffic on the intersecting roads, the cost of the overpass and idle the car on the road is not a priority for the year of construction of the overpass. When crossing the railroad established automotive feasibility of building an overpass instead of moving depending on the traffic of vehicles on the road and on the number of trains on the railway.

УДК 005.93:334.7

Г. В. СТОЛЯРОВ, доктор экономических наук, Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, филиал в г. Новозыбкове, Российская Федерация

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ФИРМОЙ

Показаны иерархические и адаптивные структуры управления фирмой, их преимущества и недостатки в рыночных условиях. Большое внимание уделено проектированию организационных структур управления, а также факторам, определяющим их выбор.

В рыночных условиях для достижения высоких финансово-экономических результатов фирме необходимо постоянно преодолевать сопротивление окружающей среды, сокращать возможные потери и минимизировать риск, стремиться к постоянному обновлению (новому в управлении, производстве и обслуживании потребителей).

Успех фирмы во многом зависит от организационной структуры управления, которая должна отвечать целям и задачам компании и учитывать влияние внутренних и внешних факторов.

Структура управления фирмой – упорядоченная совокупность взаимосвязанных звеньев (структурных подразделений, выполняющих функции менеджмента); форма разделения и кооперации управленческой деятельности.

Совокупность однородных звеньев, относящихся к одному уровню иерархии, называется ступенью. Чем больше ступеней и звеньев в организации, тем сложнее структура управления.

Основные факторы, определяющие количество уровней управления: объемы производства и продаж; размер компании; номенклатура выпускаемой продукции; уровень специализации, концентрации и кооперирования производства; степень развития инфраструктуры региона; обеспеченность фирмы квалифицированными кадрами и т. п.

Организационные структуры управления различаются характером связей. В соответствии с этим классификационным признаком выделяют иерархические (механистические, бюрократические) и органические (адаптивные) структуры управления.

Для механистической структуры характерны такие черты, как четкое разделение труда, иерархичность управления (нижестоящий уровень подчиняется вышестоящему), наличие формальных правил и норм. Структурами данного типа являются линейная, функциональная, линейно-функциональная, линейно-штабная и дивизиональная (отделенческая).

Линейная структура основана на сосредоточении всех производственных и управленческих функций у руководителя организации. В непосредственном подчинении директора фирмы находится его заместитель по производству, который руководит начальниками цехов, те, в свою очередь, – старшими мастерами, а последние – мастерами участков. Иначе говоря, планирование и контроль выполнения работ осуществляются строго по вер-

тикали (от главного линейного менеджера к производственным подразделениям).

Главная черта линейной структуры – единство распорядительности. Эта структура обеспечивает согласованность действий исполнителей, простоту управления (один канал связи), четко выраженную ответственность и оперативность в принятии решений. Более того, единство распорядительности исключает дублирование функций менеджмента, повышает дисциплину труда. В то же время в линейной структуре управления отсутствуют звенья по планированию и подготовке решений, потому к руководителю фирмы предъявляются высокие требования. К числу других недостатков следует отнести концентрацию власти в управленческой верхушке, затруднительные связи между инстанциями, перегрузку информацией (множество контактов с подчиненными и вышестоящими органами).

Для функциональной структуры характерна подчиненность производственных подразделений и исполнителей одновременно линейным руководителям и управленческому персоналу. Для осуществления определенных функций выделяются специализированные звенья (отделы планирования, маркетинга, финансов и т. п.), благодаря чему обеспечивается высокая компетентность специалистов и освобождение линейных менеджеров от решения некоторых специальных вопросов. При этом линейные руководители имеют возможность уделять больше внимания оперативному управлению.

Функциональная структура предполагает наличие нескольких руководителей на одном и том же участке работы, поэтому возникают определенные проблемы в поддержании постоянных взаимосвязей между соответствующими службами. Проблема взаимного согласования команд обусловлена тем, что исполнитель получает распоряжения от нескольких лиц. Данная структура управления с трудом реагирует на происходящие изменения. Кроме того, проявляется чрезмерная заинтересованность в реализации целей и задач у руководителей "своих" подразделений, снижается ответственность исполнителей за выполнение возложенных на них обязанностей.

Линейно-функциональная структура, сочетая преимущества линейной и функциональной, представляет собой единство распорядительности и квалифицированное выполнение функций менеджмента специальным аппаратом (администрацией). Линейные органы управления отвечают за конечные результаты деятельности каждого производственного подразделения, а

функциональные службы – за осуществление планирования, маркетинговых мероприятий, соблюдение технологии и т. п. Всё это обеспечивает разделение и кооперацию труда в управлении. При всех своих положительных сторонах в линейно-функциональной структуре отсутствуют тесные взаимосвязи на горизонтальном уровне между производственными подразделениями, а чрезмерно развитая система взаимодействия по вертикали (подчинение по иерархии управления) способствует проявлению централизации.

С увеличением размеров фирм возникает потребность в линейно-штабной структуре управления, предусматривающей создание специализированных функциональных подразделений (штабов). Привлечение высококвалифицированных консультантов и экспертов способствует повышению уровня работы линейного руководителя, освобождению его от глубокого анализа проблем, устранению условий противоречивости распоряжений. К тому же оперативность и качество решений обеспечивается за счет их всестороннего обоснования. В то же время взаимоотношения между линейными и штабными структурами не всегда доброжелательны. Организации недостаточно эффективно решают задачи, связанные, например, с переходом на выпуск новой продукции, изменением технологии. На создание специальных советов, коллегий и комиссий обычно требуются дополнительные затраты. Существенный недостаток – нечеткое распределение ответственности, поскольку заместители руководителя и специалисты, образуя так называемый «штаб», выполняют функции совещательного органа, т. е. готовят проекты решений, не принимая, как правило, участие в их реализации.

Дивизиональная структура управления разработана в интересах комбинатов, концернов, холдингов, конгломератов. При этом численность персонала может достигать порядка сотен тысяч человек. Такая структура используется при сильно диверсифицированной производственной программе и сочетает централизованную координацию с децентрализацией, т. е. целесообразна и для управления филиалами, удаленными от центра. Основная ответственность возлагается на менеджеров, возглавляющих производственные отделения.

Основные типы структур с отделениями – региональные и продуктовые, а также структуры, ориентированные на потребителя. В результате такой специализации обеспечивается более тесная связь производителя с потребителем. Дивизиональная структура быстрее реагирует на изменения внешней среды по сравнению с линейной и линейно-функциональной. Расширение границ оперативно-хозяйственной самостоятельности отделения служит важным стимулом в повышении качества и эффективности работы персонала.

К недостаткам дивизиональной структуры относятся рост иерархичности (вертикали управления), перегруженность менеджеров, слабое сотрудничество смежных подразделений. Дублирование функций на разных уровнях ведет к повышению затрат на содержание управленческого аппарата. Более того, администрация оставила за собой право жесткого контроля стратегии развития компании, инвестиций, научно-исследовательских разработок и т. д. Для отделений характерны известные своими недостатками линейная или линейно-функциональная структуры.

Органическим (адаптивным) называется такой тип структуры управления, который характеризуется индивидуальной ответственностью каждого работника за общий результат. Разновидностями данного типа структур являются проектные, программно-целевые, проблемно-целевые и бригадные.

Проектная структура образуется при разработке компанией проектов, под которыми понимаются любые процессы целенаправленных изменений в системе. Управление проектом включает определение его целей, планирование и организацию выполнения работ, координацию действий исполнителей и т. п. Одной из форм проектного управления является формирование специального подразделения – проектной команды, работающей на временной основе.

Данная структура обладает большой гибкостью, но при наличии нескольких проектов или программ приводит к дроблению ресурсов, что сказывается на развитии производственного и научно-технического потенциала. После завершения проектов она распадается, а сотрудники переходят в новую подобную структуру или возвращаются на свое постоянное место работы.

Программно-целевая структура управления создается для решения нестандартной проблемы. При этом целевые группы выполняют такие задачи, как разработка маркетинговых программ, повышение качества продукции, выработка решений по вопросам технической политики. Орган управления формирует, координирует и регулирует горизонтальные связи между элементами системы управления в ходе реализации конкретной программы (проекта).

Одним из видов программно-целевой структуры управления является матричная. Такая структура применяется в том случае, если в организации разрабатывается одновременно несколько проектов, а взаимосвязи линейно-функциональной системы не позволяют эффективно использовать кадровый потенциал.

При организации управления по матричному принципу к линейно-функциональной структуре присоединяются (добавляются) новые элементы (менеджеры по проектам), которые отвечают за конкурентоспособность объекта, а решением специальных вопросов занимаются руководители функциональных подразделений или привлекаемые специалисты.

Возможны три варианта матричных структур управления: когда менеджер проекта может только контролировать оперативное взаимодействие соискателей программы (ограничен в принятии решений); когда он отвечает за качество и сроки выполнения программы (полномочен принимать решения); когда на него возлагается вся полнота функционального руководства (принятие решений по существу программы, объемам и срокам выполнения работ), но без права отдавать распоряжения.

Матричная структура управления имеет следующие преимущества: отход от жесткого централизма и единоначалия; быстрая адаптация к изменяющейся внешней и внутренней среде фирмы; повышение творческой активности административно-управленческого персонала; более рациональное использование кадров; снижение загрузки менеджеров высшего уровня управления; сокращение сроков разработки проектов и улучшения их качества. Всё это способствует перестройке производства на основе новейших технологических процессов и более высокопроизводительного оборудования. Вместе с тем из-за громозд-

кой структуры соподчинения появляются сложности с установлением очередности выполнения заданий.

Среди других недостатков можно выделить некорректное соперничество между менеджерами программ и трудности в приобретении навыков для осуществления нового проекта.

Матричные организационные структуры создали качественно новое направление в развитии программно-целевых и проблемно-целевых форм управления.

Усовершенствованной программно-целевой структурой управления фирмой является венчурная (инновационная). Необходимость в такой структуре возникла в связи с применением сотрудниками компании новых способов и приемов работы, освоением инноваций. Все это "заставляет" бизнесмена идти на риск. Предприниматель должен обладать такими качествами, как гибкость, неординарное мышление, логические способности, знание современных управленческих теорий, напористость, смелость, стремление к личностному росту и развитию, коммуникабельность, умение обучать подчиненных и т. п.

Венчурная фирма быстро реагирует на изменения внешней среды, обладает большой маневренностью. Руководство компании должно вносить существенные коррективы в концепцию ее развития, разрабатывать и контролировать инновационные проекты, тем самым выступая в роли добровольного инициатора перемен. Еще одна особенность венчурной фирмы – сложность ее организационной структуры управления, что зависит от видов, количества и взаимодействия отделов, числа руководящих кадров и других факторов.

В основе построения проблемно-целевой структуры управления лежит целевой подход. При этом учитываются такие принципы, как комплексность в определении количества заместителей руководителя компании (первый уровень дерева целей), ориентация на проблемы (второй уровень), нацеленность на конкретные товары или рынки (третий уровень дерева целей) и т. п.

Среди структур органического типа заслуживает внимания бригадная. Комплексные бригады, как правило, состоят из 10–15 человек, включая конструкторов, технологов, экономистов, рабочих. Данный персонал предназначен для выполнения отдельных работ по изготовлению составных частей продукции.

Бригадная форма организации труда строится в соответствии со следующими принципами:

- автономная работа бригады;
- самостоятельное принятие решений и координация деятельности по горизонтали;
- замена жестких связей бюрократического типа гибкими;
- привлечение для решения задач сотрудников других подразделений.

При бригадной форме организации труда создаются благоприятные условия для проявления творческой активности работников, повышения квалификации, приобретения профессиональных знаний и навыков, укрепления трудовой дисциплины.

При проектировании организационных структур возникают трудности, связанные с чрезмерной замкнутостью структурных подразделений на первом руко-

водителе, дублированием функций управления, ориентацией менеджеров среднего звена на достижение текущих целей в ущерб стратегическому планированию, неэффективным финансовым менеджментом и т. п.

Проектирование структуры управления фирмой – процесс составления (разработки) проекта будущей структуры с учетом требований, предъявляемых к ней.

Основные требования, учитываемые при разработке организационной структуры управления: четкая регламентация функций, обязанностей и прав каждого ее элемента; оптимальность; оперативность; рациональное сочетание централизации и децентрализации; гибкость; надежность; устойчивость; экономичность.

Процесс проектирования включает три этапа: анализ существующей структуры на основе изучения опыта менеджмента в аналогичных компаниях; организационное проектирование (выбор соответствующего типа структуры управления, установление оптимального количества звеньев и ступеней, численности административно-управленческого персонала, задач и функций для каждого подразделения); внедрение, корректировка разработанной структуры.

При разработке организационных структур управления используют методы аналогий и сравнений, структуризации целей, организационного моделирования, экспертный.

Таким образом, организационные структуры отличаются количеством уровней управления, гибкостью, степенью ответственности персонала и т. п. В процессе выполнения функций менеджмента необходимо оценить информационную загруженность структурных подразделений. При этом целесообразно максимально сократить время прохождения информации от высшего руководителя до непосредственного исполнителя.

Список литературы

- 1 Большая экономическая энциклопедия / Т. П. Варламова [и др.]. – М. : Эксмо, 2007. – 816 с.
- 2 **Воробьев, Л. А.** Основы управления производством : учеб. пособие / Л. А. Воробьев. – Минск : Ураджай, 1996. – 127 с.
- 3 **Кабушкин, Н. И.** Основы менеджмента : учеб. / Н. И. Кабушкин. – Минск : БГЭУ, 1996. – 284 с.
- 4 Основы агробизнеса : учеб. пособие / В. П. Лещиловский [и др.]; под ред. В. П. Лещиловского. – Минск : БГЭУ, 2005. – 366 с.
- 5 Основы менеджмента : учеб. пособие. – 2-е изд. / Э. М. Гайнутдинов [и др.]; под ред. Э. М. Гайнутдинова. – Минск : Университетское, 2002. – 152 с.
- 6 **Райсберг, Б. А.** Управление экономикой : учеб. / Б. А. Райсберг, Р. А. Фатхутдинов. – М. : ЗАО «Бизнес-школа "Интел-Синтез"», 1999. – 784 с.
- 7 Управление агропромышленным комплексом : учеб. пособие / В. В. Кузнецов [и др.]; под ред. В. В. Кузнецова. – М. ; Ростов н/Д : МарТ, 2003. – 416 с.
- 8 Управление организацией : учеб. / под ред. А. Г. Поршнева [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 1999. – 669 с.

Получено 13.11.2014

G. V. Stolyarov. Building structures management firm.

Shows a hierarchical and adaptive management structure of the firm, their advantages and disadvantages in market conditions-high. Great attention is paid to the design of organizational structures of management, as well as the factors that determine their choice.

УДК 658.8

Т. С. МЕЛЬНИК, кандидат экономических наук, Главное пассажирское управление Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины, г. Киев

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛОЯЛЬНОСТИ И УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПАССАЖИРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В КОНТЕКСТЕ СОЗДАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ЦЕННОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОМПАНИИ

Рассмотрены базовые модели удовлетворенности потребителей, сформулированы принципы системы управления качеством для транспортной организации, изложена технология оценки удовлетворенности/неудовлетворенности потребителей, предложена система оценочных критериев для транспортной пассажирской компании в контексте ее генеральной стратегии и корпоративных ценностей. Рекомендованы стратегии повышения удовлетворенности потребителей как этапы завоевания и удержания их приверженности. Разработана матрица последствий относительно статуса пользователя железнодорожным пассажирским транспортом.

Постановка проблемы в общем виде. В нынешних условиях, когда уровень дифференциации продукции и потребностей потребителей стал достаточно высоким, принципиальным требованием успешного функционирования любого предприятия на освоенном рынке является поиск путей удовлетворения спроса через индивидуальный подход к каждому клиенту, поскольку лишь полное осознание и максимальный учет требований своих потребителей может обеспечить предприятию устойчивую позицию на рынке как по отношению к конкурентам, так и в сознании потребителей. Если же предприятию не известно, чего хотят его покупатели и что влияет на их выбор, оно не сможет удержаться на рынке, и только через понимание потребительского поведения можно рассчитывать на свою популярность и лояльность клиентов. Именно наличие лояльности, т. е. благоприятного отношения потребителей к предприятию и его продукции, выступает основой стабильного спроса, роста объема продаж, который в свою очередь является стратегическим показателем успешности предприятия. К этому следует добавить, что проведение мониторинга удовлетворенности своих потребителей в соответствии со стандартом ISO 9004-2000 в части сертификации предприятий является одним из обязательных показателей эффективности системы управления качеством.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследование природы удовлетворенности / неудовлетворенности потребителей в научном мире – тема не новая. По этому вопросу сегодня мы имеем разработанные модели удовлетворенности потребителей продукцией и услугами, позволяющие обнаружить разрывы, то есть узкие места в цепочке удовлетворенности, которые могут стать причиной появления неудовлетворенных клиентов. Эта проблема исследовалась такими учеными, как Дж. Леви, Ж. Ландерви, Дж. Иган, Ф. Котлер, Д. Боуэн, Ф. Роджерс, И. Швец и др.

В системе управления предприятием сферы обслуживания к настоящему времени сформирована так называемая теория «проломов обслуживания», согласно которой «общий пролом» воспроизводит расхождение между ожиданиями и опытом потребителя и ведет к его неудовлетворенности. Данный вопрос освещается, в частности, в работах Н. Кано, Дж. Блейта и некоторых других исследователей.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы и формулирование целей статьи. Существующие модели удовлетворенности потребителей, как и теория «проломов обслуживания», а главное – вопросы взаимодействия с потребителями нуждаются в значительно большем внимании. Практические аспекты исследования благосклонности потребителей и оценки уровня их удовлетворенности товарами/услугами, особенно в сравнении с конкурентами, проработаны недостаточно. Кроме того, большинство существующих моделей не дают конкретных рекомендаций относительно того, как использовать результаты анализа удовлетворенности/неудовлетворенности потребителей, каким образом ликвидировать слабые места, приводящие к неудовлетворенности покупателей, что сделать, чтобы обеспечить лояльность клиентов и удержать своих сторонников, каким образом выделить характеристики и параметры товара/услуги, которые целесообразно улучшать для удержания имеющихся и привлечения новых клиентов, и ряда других вопросов.

Целью статьи является дальнейшее развитие методов анализа удовлетворенности потребителей в контексте стратегической цели и текущих целей деятельности предприятия, адаптация этих методов к специфике железнодорожной отрасли в сфере транспортного обслуживания населения, что расширит возможности использования предлагаемых методов и результатов такого анализа на железнодорожном пассажирском транспорте страны. Эти методы могут также использоваться для анализа на других видах транспорта и в других отраслях экономики.

Изложение основного материала. В основе достижения удовлетворенности потребителей лежит лояльное отношение к компании и ее продукции, и наоборот, лояльность возможна только со стороны довольных потребителей. При этом под лояльностью мы будем понимать позитивное отношение потребителей ко всему, что касается деятельности компании, ее товаров и услуг, персонала компании, ее имиджа, фирменного стиля и логотипа и тому подобного.

Говоря о лояльности, можно также допустить, что лояльными будут те потребители, которые достаточно долго (по сравнению с периодом существования товара/услуги на рынке) остаются с компанией и отдают преимущество именно ее продукции, осуществляя по-

вторные покупки. В основе лояльности может лежать положительный опыт, который получили потребители в процессе покупки/потребления данного товара или услуги. Позитивный опыт свидетельствует об относительной или полной удовлетворенности клиентов товарами/услугами компании. Однако относительная неудовлетворенность таит в себе угрозу, и если ее не исследовать, то со временем она может привести к еще большей неудовлетворенности, а в дальнейшем – и к отказу от продукции компании.

Одна из базовых моделей удовлетворенности, предложенная Парусманом, Зейтамлем и Берри [1], показывает разрывы (интервалы), то есть слабые места, которые могут порождать недовольство при условии, что между факторами, связывающими их, появляются ощутимые расхождения. Существует пять возможных расхождений:

- ожидания потребителей ↔ понимание компанией того, что хотят получить потребители;
- понимание компанией ожиданий потребителей ↔ замысел предложения компании;
- то, что задумано компанией ↔ то, как она эту задумку реализовала и что предложила потребителям;
- то, каким образом реализовано предложение ↔ то, как об этом предложении извещены потребители;
- ожидания потребителей ↔ полученное предложение, которое выражается в удовлетворенности или неудовлетворенности потребителей.

Как и базовые модели удовлетворенности, теория «разломов обслуживания» утверждает, что расхождения между ожиданиями потребителей и их восприятием реальных услуг компании могут образовывать по своему содержанию те же пять разломов: в процедурах взаимодействия, в понимании потребителя, в поведении персонала, в рекламе и в восприятии компании в целом [2].

Очевидно, что удовлетворенность потребителей возникает в результате взаимодействия многочисленных внешних и внутренних факторов предложения. Однако любой компании нужно понимать разницу между собственным мнением о качестве своих товаров и услуг и их восприятием потребителями, поскольку именно это расхождение порождает их удовлетворенность или неудовлетворенность.

Достижение более полной удовлетворенности покупателей требует от компании ликвидации разрыва между качеством, которое ожидает потребитель, и качеством предлагаемых товаров и услуг, каким его потребитель воспринимает. Для этого нужно пройти все этапы концептуальной модели, а именно:

- при проектировании запланированной продукции (товаров, услуг) как можно лучше понять ожидания потребителей;
- обеспечить всестороннее информирование потребителей о свойствах и ограничениях продукции;
- предлагать продукцию, соответствующую запланированной (задуманной);
- изучить и понять восприятие потребителями поставляемой продукции, повысить их удовлетворенность за счет ее улучшения.

Очевидно, что отсутствие точных намерений удовлетворенности потребителей не дает менеджерам возможности принимать эффективные решения относи-

тельно того, что именно нужно улучшить в продукции или обслуживании для удержания потребителей. В качестве средства для получения объективных результатов такого мониторинга и их использования с целью внесения улучшений в систему управления качеством применяются маркетинговые исследования.

Концептуальная модель, лежащая в основе изучения удовлетворенности/неудовлетворенности, предусматривает проведение исследования в три этапа: сначала оценивается степень общей (интегральной) удовлетворенности продуктом или компанией; далее – удовлетворенность по отдельным показателям и степень их относительной важности; наконец, определяются намерения потребителей осуществлять повторные покупки. Подобные исследования нужно проводить регулярно. Например, среди пассажиров железнодорожного транспорта такое анкетирование проводится нами пять раз в год: дважды – для оценки качества сервиса и удовлетворенности услугами на вокзалах, дважды – для аналогичной оценки сервиса в поездах внутреннего сообщения и раз в год – для оценки сервиса в поездах межгосударственного сообщения.

При этом структура бланков анкет построена с соблюдением указанного подхода: в начале анкеты пассажирам предлагаются вопросы, по которым выявляется их отношение к железнодорожному транспорту (в том числе по сравнению с другими видами транспорта) и к организации обслуживания на вокзалах и в поездах; в основной части анкеты пассажиры должны оценить качество сервиса по отдельным характеристикам и показателям тех услуг, которыми они пользуются или безусловно (оформление проездного документа, проезд в вагоне поезда, информационное сопровождение и др.), или наиболее часто (пользование камерами хранения, бытовые услуги на вокзалах, пользование постельным бельем во время поездки и т. п.), а также по характеристикам обслуживающего персонала, с которым пассажиры контактируют непосредственно (проводники, кассиры, работники комнат отдыха, камер хранения и др.); в конце анкеты ставится вопрос относительно последующих намерений респондентов осуществлять поездки железнодорожным транспортом и относительно изменений, которые бы способствовали их выбору в пользу этого транспорта. На данный момент недостаточно проработанным нами в ходе полевых маркетинговых исследований остается вопрос установления степени важности для пассажиров оцениваемых характеристик и показателей.

Технология оценки удовлетворенности потребителей может использоваться и самостоятельно, и как часть более широкого исследования, с помощью которого изучается потребление продуктов или пользование услугами.

На практике исследования проводятся:

- одноразово: такая оценка удовлетворенности потребителей применяется для сравнения продукта или услуги компании с продуктами/услугами основных конкурентов;
- периодически (раз в квартал, полугодие, год): эта оценка применяется как для сравнения продуктов/услуг компании с продуктами/услугами конкурентов, так и для оценивания динамики изменений в удовлетворенности потребителей, произошедших после проведения

маркетинговых акций или внесения изменений в продукт/услугу.

Таким образом, изучение удовлетворенности потребителя продуктом/услугой позволяет:

- оценить общую удовлетворенность потребителей;
- выявить «узкие» места продукта/услуги, то есть атрибуты с недостаточным уровнем удовлетворенности. При этом под атрибутом понимается существенный признак или выгода, которая оказывает (или должна оказывать) влияние на решение о покупке продукта/услуги [3]. Атрибуты формируются или по результатам ранее проведенных исследований, или экспертным путем.

Расширенный метод оценки, кроме вышеуказанного, дает возможность:

- оценить важность, которую потребители отводят определенному атрибуту;
- определить стратегические направления работы с атрибутами продукта/услуги;
- проанализировать поведение потребителей. Такой анализ позволит оценить степень лояльности потребителей к продукту/услуге компании и ответить на вопрос: кто покупает и почему. Получив ответ на этот вопрос, компания сможет оптимизировать стратегию и скорректировать все компоненты комплекса маркетинга.

Как известно, главным принципом маркетинга является максимальное соответствие продукции и обслуживания потребностям рынка. Согласно статистике, имея проломы и разрывы в удовлетворенности потребителей, компании ежегодно теряют в среднем 10–30 % своих клиентов, однако лишь немногие из них знают, кого, когда, почему теряют и какова величина этих потерь [2]. Между тем многочисленные исследования показывают, что завоевать нового потребителя значительно дороже, чем удержать существующего.

Действенным индикатором удовлетворенности клиентов на конкретном рынке является отношение потребителей к компании. Другими словами – оценка ее имиджа. С этой целью исследуются следующие вопросы: какие факторы определяют имидж компании; как влияет имидж компании на объем продаж и удовлетворенность потребителей; в какой степени уровень удовлетворенности влияет на долгосрочные намерения пользоваться товарами/услугами компании.

Исследуя отношение потребителей к компании (то есть ее имидж), в первую очередь следует разработать систему оценочных критериев, достаточно полно характеризующих все аспекты ее деятельности. Так, для транспортной компании как для предприятия сферы обслуживания в качестве базовых оценочных критериев могут быть применены следующие показатели:

- компетентность и профессионализм;
- надежность;
- оступность;
- толерантность;
- понимание и индивидуальный подход;
- коммуникабельность;
- доверие и честность;
- безопасность;
- вежливость и культура обслуживания.

Приведенный перечень критериев можно сокращать или, наоборот, дополнять в зависимости от конкретной ситуации и специфики деятельности компании.

Для выявления отношения пассажиров к ответственному железнодорожному транспорту, то есть для оценки его имиджа, тоже используются маркетинговые исследования, которые проводятся дважды в год. Все перечисленные выше базовые оценочные критерии нашли отражение в разработанном нами опросном бланке анкеты; кроме того, учитывая социальную нагрузку, возложенную на железнодорожный пассажирский транспорт, к базовому перечню нами добавлены критерии, позволяющие респондентам оценить социальную роль железной дороги в экономике региона, степень учета специфических потребностей отдельных групп пассажиров (инвалиды, малообеспеченные), а также ее роль в экономике страны. Однако, как показывает цикл исследований, при создании позитивного имиджа железнодорожного транспорта наибольшую важность для пассажиров имеют вежливость персонала и культура обслуживания, понимание и индивидуальный подход.

Следует отметить, что в процессе оценивания степени удовлетворенности/неудовлетворенности потребителей возникает ряд проблем, в частности:

- оценку степени удовлетворенности по одному критерию нельзя рассматривать в качестве общей (интегральной) оценки качества обслуживания;

- каждый потребитель имеет только ему присущие черты характера, индивидуальную жизненную ориентацию, ценности, потому одних потребителей удовлетворяет относительно невысокий уровень качества обслуживания, а других не устраивает даже наивысший уровень;

- всегда существует угроза предъявления абсолютно необоснованных претензий со стороны потребителей, которые не нужно пытаться удовлетворить, особенно если это требует от компании значительных усилий и расходов;

- не исключена возможность манипулирования рейтингами удовлетворенности потребителей со стороны работников компании, причастных к проведению исследований и оценивания (например, проводники могут быть особенно внимательными и вежливыми именно во время проведения анкетирования).

Несмотря на стремление достичь высокой степени удовлетворенности потребителей, не следует забывать о соотношении расходов и результатов, то есть достижение высокого уровня удовлетворенности должно осуществляться, по крайней мере, в пределах имеющихся ресурсов.

Как отмечено выше, удовлетворенность потребителей определяется качеством товара/услуги. При этом в маркетинге под товаром понимается всё то, что способно удовлетворить желание или потребности, а качество товара/услуги – это способность выполнять положенные функции. Высокое качество товара/услуги обеспечивает любому предприятию более стабильное положение на рынке и высшую конкурентоспособность, чем ценовые факторы.

При формировании системы управления качеством необходимо учитывать ряд принципов, основными из которых, например, для транспортной организации являются:

- разработка специальных стандартов или правил обслуживания, которые предусматривают систематиче-

ское обучение персонала, обеспечивают идентичный уровень обслуживания на всех уровнях предоставления транспортных и дополнительных услуг и являются безусловными для выполнения;

- дифференциация транспортной и сопутствующих сервисных услуг зависит от понимания потребностей потребителей и стремления удовлетворить их благодаря индивидуальному подходу и с максимальной тщательностью;

- основным заданием обеспечения качества услуги является удовлетворение или превышение ожиданий потребителей;

- оценка качества услуг должна базироваться на критериях, которые используются потребителями для этих целей;

- операционный менеджмент должен подразделять каждую услугу на ряд последовательных действий, где каждое действие вносит свой вклад в составные части процесса удовлетворения потребителей;

- необходимо идентифицировать и уменьшить расходы, выявленные и классифицированные как значительные препятствия при предоставлении качественных услуг;

- следует придерживаться соответствия к предоставлению одной и той же услуги разным потребителям;

- необходимо создать свою культуру на уровне транспортной компании (корпоративную культуру) для поощрения работников в предоставлении качественных услуг;

- наиглавнейшей и важнейшей формой контроля качества для предприятия, сосредоточивающего все свои усилия на потребителе, является оценка и учет приверженности и удовлетворенности потребителя услуг.

Общая модель управления качеством представляет собой кругооборот, включающий в себя систему ценностей предприятия, потребности потребителей, процессы системы управления качеством – вплоть до достижения максимальной удовлетворенности потребителя.

Среди перечисленных элементов модели управления качеством почти непроработанной остается система ценностей железнодорожного транспорта. Между тем система ценностей является обязательным составным, причем базовым, элементом стратегического менеджмента любого предприятия. Напомним, что стратегический менеджмент включает такие пять основополагающих составляющих: 1 – стратегическое видение и миссия; 2 – система корпоративных ценностей; 3 – определение целей в соответствии со стратегическими направлениями; 4 – корпоративная культура; 5 – система мотивации персонала [4].

Следовательно, стратегический менеджмент начинается с уточнения миссии, которая представляет собой корпоративно установленные ценности компании на определенном этапе ее жизнедеятельности. Так, миссия железнодорожного транспорта на данном этапе может заключаться в содействии экономическому развитию всех регионов страны через максимальное удовлетворение транспортных потребностей предприятий всех отраслей и населения страны с учетом их экономического состояния и социального положения. Эта миссия остается актуальной уже длительное время, и ее сущность еще долго не изменится. В соответствии с миссией

стратегическое видение железнодорожного транспорта сводится к следующему:

- работники отрасли гордятся ее успехами;

- потребители, поставщики, партнеры отдают предпочтение железнодорожному транспорту;

- конкуренты уважают железнодорожную компанию;

- местное население воспринимает железнодорожный транспорт как отрасль, которая содействует экономическому развитию регионов и страны, выполняет важную социальную функцию;

- инвесторы охотно инвестируют в железнодорожный транспорт.

Исходя из стратегического видения рыночная деятельность всех предприятий должна базироваться на принятых корпоративных ценностях, осуществляться на основе корпоративных стратегических намерений и оцениваться с помощью корпоративной системы управления качеством.

На основе вышеизложенного разрабатываются все стратегии железнодорожной отрасли и принимаются все стратегические решения, а стратегические действия предприятий отрасли должны отображать ее корпоративную культуру, философию бизнеса и моральные принципы.

Так работают компании во всем мире, и именно такой подход обусловил появление «кодексов чести», или сводов корпоративных ценностей, которые насчитывают в разных компаниях от 20 до 200 ценностей. Среди принятых корпоративных ценностей можно выделить главные, определяющие, которые раскрывают миссию компании, ее стратегическое видение и являются понятными для работников, партнеров и контрагентов, конкурентов и потребителей компании. Эти важнейшие ценности получили название «Бриллианта ценностей» (рисунок 1).

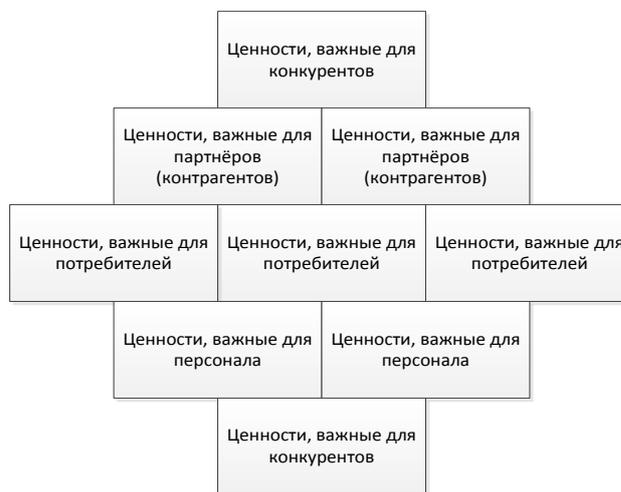


Рисунок 1 – «Бриллиант ценностей» компании со стратегическим видением (разработано автором)

Как видно из рисунка 1, «Бриллиант ценностей» включает 9 важнейших корпоративных ценностей, причем его центральная грань отражает интересы именно потребителей компании, создавая основу для обеспечения их долговременной лояльности. Учет в «бриллианте ценностей» интересов персонала компании, партнеров и конкурентов свидетельствует о том, что компания обя-

зается функционировать на рынке на равноправных условиях честного партнерства и добросовестной конкуренции, что тоже будет подкреплять лояльное отношение к ней со стороны потребителей. Однако главное свое предназначение компания видит в поставке на рынок качественной продукции, в чем будет заинтересован через соответствующую систему мотивации весь ее персонал.

Между тем обеспечение даже самого высокого среди конкурентов качества не дает уверенности в том, что потребители будут выбирать именно товары/услуги нашей компании. В соответствии с теорией конкурентной рациональности основным критерием контроля качества служит степень удовлетворенности потребителя. Если у предприятия показатель степени удовлетворенности не выше, чем у конкурентов (или не растет быстрее, чем у конкурентов), то оно проиграет соперникам. На конкурентном рынке благосклонность потребителя и степень его удовлетворенности служат показателями будущих объемов продаж: если снижается удовлетворенность и изменяется отношение покупателя к товару/услуге, то, вполне вероятно, впоследствии снизится объем продаж этого товара/услуги. Поэтому во избежание возможной потери покупателей и снижения объемов продаж маркетологи пассажирского сектора украинского железнодорожного транспорта постоянно проводят исследования, направленные на выявление лояльных пассажиров и оценку степени удовлетворенности пассажиров отдельными услугами и железнодорожными перевозками в целом.

Очевидно, что лояльность базируется на чувстве удовлетворенности. Поэтому одним из важных вопросов является то, каким образом производить замеры степени удовлетворенности покупателей товаром или услугой и в какой зависимости находятся лояльность и удовлетворенность.

За исключением частных случаев полностью удовлетворенные потребители выступают ключевым условием и основой для создания потребительской лояльности и достижения компанией долговременного финансового успеха. То есть между просто удовлетворенными и полностью удовлетворенными потребителями есть существенная разница, выражающаяся в том, что лояльными становятся лишь полностью удовлетворенные потребители, которые длительное время сохраняют расположение к товарам/услугам данной компании: когда потребитель просто удовлетворен, этого недостаточно для того, чтобы он стал лояльным, поскольку у него остается выбор. Эту разницу осознают далеко не все менеджеры, потому наличие удовлетворенных потребителей многих из них успокаивает в то время, когда нужно пытаться достичь полного удовлетворения потребителей. В свою очередь лояльно настроенных потребителей, скорее, удовлетворяют товары/услуги компании, если они ими уже пользовались: дело в том, что лояльное отношение может быть сформировано под воздействием положительных отзывов других потребителей, однако такая лояльность не будет долговременной, если не подтвердится собственным позитивным опытом.

Имея информацию о степени удовлетворенности потребителей, можно не только увидеть то, насколько хорошо или плохо компания удовлетворяет потребности своих покупателей, но и выяснить, что нужно улучшить для полной удовлетворенности большинства клиентов.

Поэтому стратегически важно правильно понимать, что думают разные потребители о товарах/услугах компании.

Разная степень удовлетворенности обуславливается разными причинами и потому нуждается в разных методах улучшения. Существует четыре основных составляющих воздействия на удовлетворенность потребителей: наиболее важные свойства (характеристики) товара/услуги, которые потребители ожидают от всех конкурентов; основная система обслуживания продукта и его поддержки (сопровождения); способность и готовность компании компенсировать убыток потребителя от некачественного товара/услуги; способность компании удовлетворить индивидуальные запросы потребителей (или обеспечить необходимое количество уровней дифференциации товара/услуги).

Выявление факторов, влияющих на лояльность и степень удовлетворенности потребителей, лежит в основе выбора наиболее целесообразной стратегии повышения их удовлетворенности. В таблице 1 представлены общие рекомендации относительно определения стратегических действий в зависимости от отношения потребителей к товарам/услугам компании.

Таблица 1 – Рекомендованные стратегии повышения степени удовлетворенности потребителей

Ситуация на рынке	Уровень удовлетворенности большинства потребителей	Рекомендованная стратегия	Стратегические действия
1	Неудовлетворенные	Повышение качества товара/услуги	Обеспечение базовых (основных) характеристик и свойств товара/услуги – ожидание действий от каждого конкурента
2	Частично удовлетворенные	Доброкачество товара/услуги	Обеспечение качества товара/услуги на уровне не ниже, чем у конкурентов Разработка активной политики компенсации потребителю убытков при возникновении у него проблем
3	Нейтральные (безразличные)	Усовершенствование товара/услуги	Выведение качества товара/услуги на более высокий уровень, чем у конкурентов
4	Удовлетворенные	Повышение ценностной значимости товара/услуги	Обеспечение соответствующего уровня сопутствующих (дополнительных) услуг
5	Полностью удовлетворенные	Углубление дифференциации товара/услуги	Понимание и удовлетворение индивидуальных (специфических) потребностей значимых для компании клиентов

Приведенные в таблице 1 стратегии характеризуют последовательные этапы перехода от самого низкого до наивысшего уровня удовлетворенности потребителей и могут выступать как этапы завоевания благосклонности потребителей и поддержка их лояльности.

Систематически исследуя удовлетворенность своих потребителей, следует помнить, что снижение степени удовлетворенности среди наиболее благосклонных потребителей имеет намного более серьезные последствия, чем снижение степени удовлетворенности потребителей, которые никогда не были приверженцами данного товара/услуги. Самый жесткий показатель степени удовлетворенности потребителей определяет процент удовлетворенных потребителей. Удовлетворенные – это те потребители, которые при опросе утверждают, что они: во-первых, полностью удовлетворены; во-вторых, однозначно останутся приверженцами данного товара/услуги (в нашем случае – пользователями железнодорожного транспорта) и в будущем будут его покупать; в-третьих, обязательно порекомендуют этот товар/услугу друзьям, коллегам, знакомым и др. Преимуществом такого жесткого стандарта потребительской удовлетворенности является то, что он оставляет широкое поле деятельности для усовершенствований в данной области. Поскольку данный стандарт нацелен на потребителя, он будет достаточно полезен при отслеживании изменений, позволит установить точки отчета, а также провести последующую диагностику для определения того, почему не удовлетворены другие потребители, какой потребительский сегмент наиболее не удовлетворён, как решить проблему этого сегмента, чтобы его потребители перешли в сегмент удовлетворенных. Следовательно, речь идет об исследовании судьбы товара/услуги после покупки/потребления.

Для более тщательного изучения этого вопроса можем предложить специально разработанную нами матрицу последствий (рисунок 2).

Представленная матрица имеет 25 квадрантов, каждый из которых характеризует ожидаемые действия пассажира в зависимости от полученного опыта пользования железнодорожным (или другим) транспортом. Преимущество матрицы в том, что к индикаторам «степень лояльности» (ось абсцисс) и «степень удовлетворенности» (ось ординат) может быть применена обычная 5-балльная шкала оценки, наиболее понятная для потребителей. Это делает данный метод простым и удобным в практическом применении (рисунок 2).

В квадрантах матрицы (рисунок 2) зафиксированы 6 основных статусов пользователя железнодорожного транспорта в зависимости от лояльности и удовлетворенности, которым соответствует определенная линия поведения при выборе вида транспорта. В ходе маркетинговых исследований с определенной периодичностью следует выявлять структуру пользователей пассажирского железнодорожного транспорта по степени благосклонности и уровню удовлетворенности. Для каждого выделенного типа пассажиров нужно разрабатывать комплекс мероприятий, которые бы стимулировали их отдавать предпочтение железнодорожному транспорту и переходить на другой уровень лояльности/удовлетворенности. Таким образом, матрица предусматривает формирование, как минимум, 6 видов маркетинговых стратегий.

Абсолютно недовольны	1 Не будут пользоваться и не будут советовать другим	1 Не будут рассматривать как вариант проезда	1 Не будут пользоваться в ближайшей перспективе	4 Будут рассматривать вместе с другими вариантами	4 Периодически будут пользоваться
Неудовлетворены	1 Не будут пользоваться в ближайшей перспективе	1 Не будут пользоваться в ближайшей перспективе	2 Обратятся только в крайнем случае	4 Периодически будут пользоваться	5 Будут пользоваться в случае необходимости
Частично удовлетворены	2 Обратятся только в крайнем случае	2 Будут обращаться при отсутствии других вариантов	3 Будут рассматривать как возможный вариант	5 Будут пользоваться в случае необходимости	6 Будут пользоваться часто
Удовлетворены	2 Будут обращаться при отсутствии других вариантов	3 Будут рассматривать как возможный вариант	4 Периодически будут пользоваться	6 Будут пользоваться часто	6 Будут пользоваться в большинстве случаев
Полностью удовлетворены	3 Будут обращаться время от времени	4 Будут рассматривать вместе с другими вариантами	5 Будут пользоваться в случае необходимости	6 Будут пользоваться в большинстве случаев	6 Будут постоянными пользователями
Степень удовлетворения Степень лояльности	Агрессивные (активное противодействие)	Негативно настроенные	Безразличные	Позитивно настроенные	Лояльные (активная поддержка)

Рисунок 2 – Матрица последствий относительно статуса пользователя железнодорожного пассажирского транспорта (разработано автором)

Исследуя лояльность и удовлетворенность потребителей, всегда следует помнить, что люди формируют установки (отношение) быстро, а изменяют их медленно. Измерение удовлетворенности потребителей – это оценка того, как они воспринимают деятельность данного предприятия (продавца товара, производителя услуг). Поэтому когда необходимо выполнить такую оценку, нельзя опираться на информацию, полученную внутри предприятия. Экономическая категория «независимость потребителя», предусматривающая его выбор на рынке, свободный от ограничений, требует ориентации на предпочтения потребителей при производстве товара, предоставлении услуг, принятии решений относительно новых версий товара/услуги и т. п.

Следовательно, ориентация на потребителя является основным правилом соответствующего поведения компаний на конкурентных рынках, где действуют осведомленные покупатели. А это означает, что на конкурентных рынках следует придерживаться концепции маркетинга, подчиняя потребностям потребителя все функции бизнеса: производство, научные исследования, конструкторские разработки, системы привлечения и удержания потребителей и другие, что и лежит в основе маркетинговой ориентации предприятия.

Исследуя уровень удовлетворенности потребителей, следует исходить из трех уровней удовлетворенности (в соответствии с моделью Н. Кано [3]): ожидаемое, желаемое и привлекательное качество товара/услуги.

Ожидаемое качество – то, которое может побуждать или не побуждать к покупке. Дело в том, что большинство компаний придерживаются общепринятых стандартов качества товара/услуги, и покупатели могут отказываться от покупки у отдельных компаний, причем при повышении качества товара/услуги удовлетворенность клиентов практически не изменяется. Например, простыня в комплекте постельного белья, который получает пассажир в поезде, должна быть не меньше стандартных размеров, это несущественно отразится на удовлетво-

ренности пассажиров. Таким образом, есть свойства товара/услуги, которые выступают необходимыми условиями удовлетворенности, то есть их отсутствие вызовет недовольство потребителей, однако их увеличение не приведет к повышению удовлетворенности.

Желаемое качество существует в сознании потребителя, и при усовершенствовании товара/услуги, приближении его качества к желаемому растет степень удовлетворенности потребителей. Например, уменьшение времени, которое пассажиры проводят в очереди к кассе, вызовет пропорциональный рост их удовлетворенности.

Привлекательное, или волнующее, качество представляет собой неожиданные свойства товара или неожиданный по уровню сервис. В таких случаях потребители бывают приятно удивлены, даже потрясены, например, получив в комплекте постельного белья в поезде набор гигиенических салфеток, мыло и др. При этом следует помнить, что такое волнующее качество вскоре превращается в ожидаемое, как это и произошло в случае дополнения комплектов постельного белья наборами бумажных салфеток в поездах формирования Юго-Западной железной дороги: сначала такое нововведение очень поразило и понравилось пассажирам, а впоследствии они стали воспринимать его как норму и даже возмущались и жаловались, когда не находили салфетки в комплектах белья, путешествуя поездами других железных дорог.

Исследование свойств товара/услуги и степени удовлетворенности ими потребителей нужно начинать с ожидаемого качества. Согласно логике исследования удовлетворенности потребителей сначала проводится поисковое исследование, а затем на его данных – основное, количественное. Главная задача исследования по оценке удовлетворенности потребителей – выявить ключевые показатели деятельности компании с точки зрения приоритетов клиентов. Однако и этого недостаточно. Дело в том, что, как правило, товар или услугу покупатели воспринимают не изолированно, а в сопоставлении с реальной или воображаемой продукцией, которой их можно заменить, то есть в сравнении с товарами/услугами конкурентов. В связи с тем, что предпочтения потребителей базируются на значимых

для них расхождений между конкурентными предложениями, ожидания покупателей внутренне связаны со следующим: что предлагают конкуренты; что было обещано; что представляется разумным исходя из прошлого или подобного опыта; какими будут затраты в зависимости от цены и приложения физических и других усилий. Учитывая это, с точки зрения эффективности управления компанией, больше пользы приносит исследование и измерения, в которых сравнивается восприятие потребителями деятельности данной компании с деятельностью ее основных конкурентов.

Выводы. Нынешнее состояние рынка пассажирских перевозок характеризуется усилением конкуренции между альтернативными видами транспорта. Поэтому ведение мониторинга и анализа удовлетворенности/неудовлетворенности потребителей транспортных услуг, наряду с использованием систем управления качеством, выступает не только желаемым, но и необходимым инструментом для успешной конкурентной борьбы. Среди вопросов управления качеством на первое место постепенно выдвигается задача формирования системы корпоративных ценностей, согласованных с миссией и стратегическим видением компании. Всё это позволит принимать более обоснованные стратегические решения в области управления качеством товаров/услуг и их конкурентоспособностью при определении перспективных направлений развития отрасли.

Список литературы

- 1 Ландерви, Ж. Теория и практика маркетинга : пер. с фр. В 2 т. Т. 2. / Ж. Ландерви, Ж. Леви, Д. Линдон Меркатор. – 2-е изд. – М. : МЦФЭР, 2007. – 263 с.
- 2 Швец, И. Ю. Управление качеством туруслуги / И. Ю. Швец // Культура народов Причерноморья. – 2005. – № 61. – С. 68–72.
- 3 Методики определения атрибутов продукта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marketing-ua.com/articles.php?articleId=2228>. – Дата доступа: 10.03.2016.
- 4 Наврузов, Ю. Управління людськими ресурсами: Навчальний модуль / Ю. Наврузов. – К. : Консорціум із вдосконалення бізнес-освіти в Україні, 2000. – 72 с.

Получено 01.04.2016

T. S. Melnik. Ensuring the loyalty and Satisfaction of Passengers of Railway Transport in the context of creating the Corporate Values of the Railway Company.

The base models of satisfaction of users are considered in the article, principles of control system by quality are formulated for a transport organization, technology of estimation of satisfaction/of dissatisfaction users is expounded and the system of evaluation criteria offers for a transport passenger company in the context of its general strategy and corporate values. Strategies of increase of satisfaction of users as stages of conquest and withholding of their adherence are recommended. The matrix of consequences is developed in relation to status of user by a railway passenger transport.

УДК 338.51:656.2

А. В. САДЮК, научный сотрудник, Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина

ЭВОЛЮЦИЯ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА УСЛУГИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

Рассмотрены актуальные проблемы и сущность систем ценообразования для предприятий железнодорожного транспорта на территории Украины. Приведены результаты исследований составляющих различных систем ценообразования в современной системе ценообразования и выявлены ее недостатки, которые сдерживают развитие конкуренции железнодорожного транспорта.

При любой модели реформирования предприятий железнодорожного транспорта необходимо, чтобы функционирование было эффективно. Одной из ключевых характеристик, которая влияет на эффективность функционирования транспортного предприятия, является система ценообразования. В связи с этим возникла потребность исследования вопроса изменения системы ценообразования на предприятиях железнодорожного транспорта за продолжительный период времени. Это позволит выявить наличие или отсутствие определенных признаков и особенностей в современной системе ценообразования, а также основные направления, по которым она требует изменения в потенциально конкурентных секторах деятельности предприятий железнодорожного транспорта.

Вопрос ценообразования на железнодорожном транспорте неразрывно связан с учеными и практиками, которые формировали это направление в истории функционирования железнодорожного транспорта: Белинский Л. фон, Галабурда В. Г., Экуорт В., Крейнин А. В., Еловой И. А., Мазо Л. А., Хусаинов Ф. И., Сакс Е., Субботин А. П., Токарский Н. Д., Ульрих Ф. и др., в том числе такие известные ученые, исследования которых связаны с украинскими железными дорогами: Витте С. Ю., Загорский К. Я., Колесникова Н. М., Макаренко М. В., Пихно Д. И., Чебанова Н. В., Чорный В. В., Сыч Е. М., Ильчук В. П., Богомолова Н. И. и др.

Однако на сегодня не достаточно проведенных исследований относительно изменения систем ценообразования на услуги предприятий железнодорожного транспорта. Учитывая нынешнюю активную фазу реформирования железнодорожных предприятий в Украине, представляется актуальным такое исследование, которое позволит по-иному взглянуть на существующую систему ценообразования предприятий железнодорожного транспорта.

Целью настоящей статьи является исследование изменения систем ценообразования на предприятиях железнодорожного транспорта Украины.

Понятие «эволюция» имеет много значений в зависимости от сферы, в которой оно применяется. Значение эволюции связано с латинским словом «*evolutio*», что переводится как «развертывание» либо «развитие» чего-либо. По отношению к ценообразованию под эволюцией ценообразования предприятий железнодорожного транспорта будем понимать изменения системы ценообразования предприятий железнодорожного транспорта.

Эволюция научной мысли по вопросам ценообразования на железнодорожном транспорте связана с началом и процессом функционирования железнодорожного транспорта на территории Украины. С учетом того, что железнодорожная сеть страны в начальный период её формирования входила в состав двух различных транспортных систем: Австро-Венгерской и Российской, то это сказалось на формировании тарифной системы в начальном периоде как двух систем, а в последствии – единой советской в рамках МПС СССР.

Первоначально уместно рассмотреть, как классифицировали системы ценообразования на железнодорожном транспорте ученые XIX века в целом. Необходимо отметить, что тарифы являются видом цен. По определению Загорского К. Я., тариф – это плата за провоз, т. е., цена за услугу железной дороги за перемещение пассажиров и грузов. В классическом варианте, в определении Витте С. Ю., железнодорожные тарифы – прејскуранты на услуги, предоставляемые железными дорогами [1]. По классификации Загорского К. Я. [2], существуют следующие системы тарифов, основанные:

- на собственных расходах железных дорог (в дальнейшем – система 1-го типа);
- ценности грузов (в дальнейшем – система 2-го типа);
- принципах, отвечающих охранительно-покровительственным задачам железнодорожной тарификации.

К системе тарифов 1-го типа относится так называемая «натуральная» система тарифов, которая получила широкое распространение в Германии, начиная с 60-х годов XIX в. и называлась *Wagen-Raum-Tarifsystem* [2]. Впервые она была применена в Нассау (Германия) в 1867 г. на государственных железных дорогах.

Более широкое применение данная система приобрела в Эльзасе и Лотарингии в 1870 г. (поэтому довольно часто ее называют «эльзас-лотарингским» тарифом). Величина тарифа не зависела от наименования товара (груза), который перевозился, а зависела только от количественных характеристик товара: объема, веса, плотности и расстояния перевозки. То есть тариф формировался как пошлина.

К факторам, от которых должны были зависеть тарифы, отнесены: скорость перевозки (малая и большая), величина отправки груза (штучная, попутная, повагонная, полувагонная), тип подвижного состава (закрытые и открытые вагоны) [2]. Главным преимуществом этой системы являлись простота формирования тарифа, яс-

ность и содействие эффективности использования подвижного состава.

В период 70-х г. XIX в. в Баварии и Вюртембурге была попытка внедрить смешанную систему тарифного построения, которая смогла вобрать в себя преимущества «натуральной» системы и дифференциации по ценности для грузов от системы 2-го типа. Анализируя преимущества и недостатки данной системы, можно отметить следующее: ее применение теоретически целесообразно в тех сферах народного хозяйства, которые подпадают под широкое действие конкуренции; применение такой же системы в сферах, где нет широкого влияния конкуренции является нецелесообразным, поскольку отсутствует воздействие «внешней руки» рынка.

В итоге применение системы 1-го типа в областях, где отсутствует конкуренция, не способствует соблюдению принципа эффективности. Главным недостатком данной системы считалась невозможность правильно определить издержки железнодорожного транспорта, хотя и существовало много способов определения калькуляции затрат на перевозку грузов и отсутствие приспособления и индивидуализации тарифов в зависимости от платежеспособности различных категорий грузовладельцев, что делает невозможным массовые перевозки и снижает эффективность железнодорожного транспорта. Использование в качестве составного принципа, учитывающего зависимость тарифа от веса, объема и собственных расходов, дало положительный результат. Следует отметить, что в исследовании специалистов Всемирного банка отмечается, что система тарификации, основанная на затратном принципе, является нецелесообразной на современном этапе развития экономики.

Системы тарифов второго типа, построенные с учетом ценности грузов, получили свое развитие и применение еще задолго до создания железных дорог возникновения принципов тарифного дела. Такая система исторически применялась на транспорте при перевозке по грунтовым дорогам, рекам и каналам; была использована в Австрии и на железных дорогах Украины, входивших в сеть Австро-Венгрии. В качестве экономического основания применялся принцип, базирующийся на ценности, который был получен по результатам исследований математика Фрэнка Рамсея [5] (впервые – на железных дорогах Англии). Тарифы были основаны на принципах фрахта. В зависимости от запросов и потребностей различных предприятий железные дороги начали снижать для различных видов грузов свои тарифы, то есть дифференцировать их. Первой страной, которая применила в широких пределах дифференцированные тарифы была Бельгия, которая, начиная с 1860-х годов, на своих железных дорогах применяла 4 общих тарифных класса по дифференцированным схемам. Такая политика железнодорожных предприятий стала толчком для развития их как нового вида транспорта.

Таким образом, учитывался один из главных принципов данного вида системы тарифов: прибыль отправителя должна превышать тариф, уплачиваемый за отправку его товара (другими словами, «платежная способность» грузовладельца). Главная особенность этой системы – за счет приспособленности тарифов к платежной способности различных грузов достигать более широкого развития железнодорожных перевозок и наибольшего дохода от них.

При этом с развитием железнодорожных перевозок недостатком оставалось то, что, поскольку сеть железных дорог увеличивалась, тарифы становились более сложными, запутанными, неустойчивыми. Нужно отметить, что стоимость транспортных услуг зависит от степени многообразия условий производства, торговли, потребления перевозимых предметов, по различным районам и отдельным пунктам. А от стоимости транспортных услуг в свою очередь зависит цена груза в пункте его потребления. Сама же стоимость транспортной услуги может основываться: на собственных затратах транспортных предприятий; разнице цен на грузы в пунктах отправления и назначения; стоимости самих грузов; спросе и предложении транспортных услуг; платежной способности и т. п.

В системе тарификации второго типа имеется возможность устанавливать тарифы с учетом тарифов на других видах транспорта (гушевого, водного, иностранных железных дорог), то есть речь идет об учете разных видов конкуренции. Одно из требований этой системы в том, что транспортный тариф должен быть таким, чтобы при наименьших затратах достигался наибольший уровень доходов для железных дорог.

Следует отметить, что, по определению Витте С. Ю., система тарификации второго типа имела название «историческая» [1], была наиболее выдержанной и последовательной и наиболее полно соответствовала закону спроса и предложения. Система тарификации, которая построена на принципах, отвечающих охранительно-покровительственным задачам железнодорожной тарификации, принадлежит к последнему виду системы тарифов. К этой системе следует стремиться любому железнодорожному предприятию в том смысле, что результаты, которые достигаются за счет тарифообразования, должны совпадать с задачами экономической и социальной политики государства и удовлетворять потребности народа и государства. При этом отмечается, что не может служить основанием для построения тарифов: «государственно-экономическая ценность» транспортированных товаров, «общее хозяйственное значение» предметов, использование тарифов в качестве ограждающих или поддерживающих определенных отраслей народного хозяйства средств. Допустимым признается применение специальных льготных и специальных пониженных тарифов, если для этого у железных дорог есть финансовые возможности.

Отдельно следует отметить так называемые «рефакционные» (от фр. *refaction* – скидка) тарифы. Рефакционными обычно называли тарифы, которые применялись для перевозки значительного количества грузов и которые содержали скидку по отношению к общим и специальным тарифам. По сути рефакционные тарифы были оптовыми ценами, именно этим объяснялся их пониженный уровень по отношению к другим тарифам. Широко применялись в Америке, Англии, Австро-Венгрии и России.

Среди формальных требований, которым должны соответствовать железнодорожные тарифы, выделяют: простоту, публичность, устойчивость, единообразие для любого потребителя. Также следует отметить, что исторически классификация систем тарификации почти полностью сопоставима с классификацией в современных работах. Так, у Д. Дж. Бауэрсокса и Д. Дж. Клосса

системы тарификации делятся: на ценообразование по себестоимости транспортных услуг, ценообразование по стоимости транспортных услуг (по ценности) и комбинированую стратегию ценообразования или затратные методы ценообразования, рыночные методы ценообразования и эконометрические методы ценообразования, и т. д.

Теперь непосредственно можно рассмотреть, какие системы ценообразования применялись на железнодорожных предприятиях, находившихся на территории современной Украины, где из 36 крупных железных дорог Австро-Венгрии находились: Галицкая железная дорога имени Карла Людвиг, Львовско-Черновицкая-Ясская, Днестрянская, Первая венгерско-галицкая, железная дорога Эрцгерцога Альбрехта, Буковинская локальная железная дорога. Начало функционирования железных дорог на территории Украины связано с открытием 15 ноября 1861 г. первого отрезка до Львова железнодорожной линии в Галиции, которая относилась к Галицкой железной дороге имени Карла Людвиг. Относительно ценообразования на железных дорогах Австро-Венгрии известный экономист XIX века Загорский К. Я. в своей книге «Обзор железнодорожных тарифов Франции, Германии, Австро-Венгрии сравнительно с тарифами русских железных дорог» отмечает, что в целом тарифная система австро-венгерских железных дорог была очень неоднородной «в основах тарифной системы и в руководящих принципах самого назначения тарифных ставок». При этом Загорский отмечает, что в системности и обоснованности тарифы Австро-Венгрии значительно уступают тарифным системам того времени Франции и Германии, и указывает, что одинаковая структура тарифов применялась одновременно на австрийских, венгерских и боснийско-герцеговинских железных дорогах. Система тарифов состояла из следующих классов: класс I (нормальный), класс II, вагонные классы А, В и С, класс специальных тарифов (1 – хлебный, 2 – дерево, 3 – удобрения и материалы искусственного производства: земля, камни, руда и др., 4 – громоздкие предметы).

Систему тарифов, которая применялась на австро-венгерских железных дорогах, определяют как такую, в которой признаки натуральной системы сказались гораздо слабее, чем в немецких тарифах, и в целом характеризуют эту систему как построенную на принципах тарификации по ценности грузов. Исходя из самой характеристики, это скорее смешанная система тарификации, которая имела признаки системы как 1-го, так и 2-го типа. Все системы тарификации того времени (Австро-Венгрия, Франция, Германия, Царская Россия) основывались на двух главных принципах: потребительская ценность железнодорожной перевозки для заинтересованного лица и собственные расходы железных дорог. При этом особо подчеркивалось, что абсолютным принципом права на железных дорогах был принцип «равенства отношения железных дорог ко всем ее клиентам».

Традиционно начало функционирования железных дорог в Царской России связывают с 1837 г., когда было открыто движение по железной дороге общественного пользования Санкт-Петербург – Царское Село. В конце XIX в. железнодорожные общества России имели возможность самостоятельно устанавливать тарифы на

перевозки по своим дорогам. Сначала провозная плата включала в себя 3 составляющие: 1) плату за пользование рельсовыми путями и их принадлежностями (в современное время – инфраструктурная составляющая); 2) плату за пользование подвижным составом, на котором выполняется перевозка (вагоны) и которым обеспечивается тяга (паровозы); 3) плату за перевозки (использование железнодорожной инфраструктуры (пути, искусственных сооружений). Подобная структура тарифа была обусловлена следующим: при строительстве первых железных дорог предусматривалось, что владение рельсовым путем не будет объединено с перевозочной операцией. По аналогии рельсовых путей с каналами и простыми дорогами (для гужевого транспорта) первые железнодорожные концессии исходили из предположения, что рельсовый путь будет доступен частным отправителям грузов и транспортным компаниям.

Первоначально на железнодорожном транспорте использовалась «натуральная» система, перешедшая с гужевого транспорта, но по мере развития железнодорожных перевозок произошел переход преимущественно к «исторической» системе. Однако строгой системы тарифов в то время не существовало: они определялись на договорной основе. Принцип, согласно которому в основе тарифа должна лежать цена перевозимого груза, называется «*ad valorem*», а тарифы, построенные на основе цены (платежеспособности), – адвалорным. При этом активно применялись рефакционные тарифы. Они, как правило, не публиковались и устанавливались для отдельных грузоотправителей на основе двустороннего договора. В договоре обычно указывались условия предоставления тарифных льгот в обмен на предъявление к перевозке повышенного, в сравнении с другими периодами, объема грузов.

Система железнодорожных тарифов в России 1840–1880 гг. развивалась в русле общемировых тенденций. Большую роль в становлении железнодорожных тарифов разработал и внедрил С. Ю. Витте, который в 1883 г. в Киеве издал отдельную книгу под названием «Принципы железнодорожных тарифов по перевозке грузов». Указанная книга выдержала три издания.

В действующей на тот момент системе основой для строения тарифа были цена груза в пункте производства и потребления, спрос на перевозки и транспортная составляющая в цене груза.

Следует также отметить, что в 1901 и 1923 гг. за авторством К. Я. Загорского вышла книга «Теория железнодорожных тарифов», которая стала одной из важнейших работ в области ценообразования на железнодорожном транспорте. Так, в ней К. Я. Загорский отмечает: «Сущность тарификации по ценности заключается в том, чтобы путем возможного лучшего приспособления тарифных ставок к платежеспособности перевозимых грузов достичь наибольшего чистого дохода». Под его руководством была создана тарифная система 1922 г., которой была присуща дифференциация по родам грузов и категориям грузоотправителей. Она просуществовала до 60-х годов XX в., а в 1967 и 1974 годах в два этапа была введена двухставочная система тарифов. С этого времени тарифы начали складываться из двух составляющих. Первая составляющая возмещала расходы за начально-конечные операции (в расчете на 1 т), а вторая – за движущие (в расчете на 1 т·км нетто).

Разработала такую тарифную реформу группа ученых ВНИИЖТа под руководством А. В. Крейнина. При двухставочной системе построения тарифов перевозки за 1 тонну груза можно выразить формулой

$$T = a + bL,$$

где T – тариф (провозная плата), руб.·т); a – ставка за начально-конечные операции (в расчете на 1 т груза); b – ставка за движущую операцию (в расчете на 1 т·км); L – расстояние перевозки, км.

Поделив левую и правую части этой формулы на расстояние перевозки L , можно определить тарифную ставку за 1 т·км. Такая система просуществовала до конца 1999 г. С 1 января 2000 г. был введен в действие сборник тарифов на перевозку грузов железнодорожным транспортом Украины, который был разработан на основе прејскуранта 10-01 «Тарифы на грузовые железнодорожные перевозки. Тарифное руководство № 1 Министерства путей сообщения СССР». Следует отметить, что в основу тарифной системы сборника тарифов на перевозку грузов железнодорожным транспортом Украины 2000 г., так же, как и ранее действующего прејскуранта, положена двухставочная модель тарифных схем по начально-конечным и операциям движения, разработанная под руководством А. В. Крейнина.

Следует отметить, что несмотря на жесткое государственное регулирование ценообразования на железнодорожные перевозки, постановлением Кабинета Министров Украины от 28.06.1997 г. № 605 «О мерах по улучшению деятельности железных дорог Украины в 1997 г.» Министерству транспорта по согласованию с Министерством экономики разрешалось устанавливать тарифные классы грузов в зависимости от транспортной составляющей в цене продукции, утверждать с учетом тарифных классов коэффициенты к тарифам существующего на тот момент прејскуранта. Это позволило учитывать разницу «между ценой груза в пункте назначения (цена спроса) и ценой груза в пункте отправления (цена предложения). По сути в существующую систему добавлялись элементы, характерные для системы, которая учитывает ценность груза, а именно стоимость грузов и долю транспортной составляющей по цене перевозимой продукции.

В сборнике тарифов 2000 г. использованы 27 тарифных схем и сохранена дифференциация грузов по классам, а также в зависимости от расстояния перевозки, вида отправки (вагонная, контейнерная, мелкая), типа вагона (универсальный, специализированный или изотермический, цистерна, транспортер или сцепы из вагонов), массы отправки, вида сообщения, скорости перевозки, габарита груза и т. д. В п. 26 раздела 1 данного сборника тарифов включен перечень видов перевозок, работ и услуг, которые выполняются железнодорожным транспортом по свободным тарифам (на основании отдельных договоров).

С 1 мая 2009 г. был введен в действие новый сборник тарифов на перевозку грузов железнодорожным транспортом Украины, в который позднее вносились изменения и дополнения. Основой для принятия нового сборника была необходимость адаптации отечественных железнодорожных тарифов к требованиям директив ЕС в сфере железнодорожного транспорта с целью повышения конкурентоспособности железнодорожного

транспорта на рынке грузовых перевозок, содействия развитию грузо-образующих отраслей, экономическому росту в стране. Новый сборник рассматривает структуру себестоимости перевозки груза и базовый грузовой тариф из двух частей: платы за начально-конечные операции и платы за операцию передвижения. Каждая из частей базового грузового тарифа содержит инфраструктурную (с учетом локомотивной тяги) и вагонную составляющие, соответственно плату за эксплуатацию инфраструктуры (с учетом локомотивной тяги) и вагонов.

На сегодня в основе построения тарифов положены принципы, изложенные в концепции структуры расчета экономически обоснованных тарифов на перевозки грузов железнодорожным транспортом и методики их расчета, а также концепции структуры расчета экономически обоснованных тарифов на перевозки пассажиров железнодорожным транспортом и методики их расчета, которыми предусмотрено следующее:

- базовый уровень тарифов определяется на основе расчетной себестоимости перевозок грузов и пассажиров на сети железных дорог;

- по структуре построения тариф включается: плату за начально-конечные операции (с выделением инфраструктурной, локомотивной и вагонной составляющих); за движущую операцию (также с обособлением указанных составляющих) для грузовых перевозок; для пассажирских – билетную (с выделением инфраструктурной, локомотивной и мотор-вагонной составляющих) и плацкартную части (с выделением инфраструктурной, локомотивной, мотор-вагонной и вагонной составляющих) для пассажирских перевозок;

- каждая составляющая тарифа содержит две обособленные части: 1) себестоимость перевозки, которая приходится на каждую составляющую по каждой операции перевозочного процесса; 2) часть прибыли, приходящаяся на каждую составляющую по каждой операции перевозочного процесса.

В вводной части концепции указывается, что целью принятия является финансовое разграничение инфраструктуры и сферы эксплуатации, создание экономической основы для развития конкуренции в сфере эксплуатации. Кроме того, логика построения тарифов обусловлена необходимостью обеспечения недискриминационного доступа частных операторов к железнодорожной инфраструктуре и создания экономической основы для дерегулирования платы за услуги, предоставляемые в потенциально конкурентных секторах.

Следует отметить, что на сегодня услуги локомотивной тяги предоставляются исключительно железными дорогами. Такие услуги, как уже отмечалось, не выделяются для вхождения на этот рынок новых игроков и вообще отсутствуют с точки зрения нормативного определения, то есть не специфицированы.

При применении тарифов на перевозку грузов и пассажиров железнодорожным транспортом в пределах Украины уровень доходов от обычной деятельности и от пассажирских железнодорожных перевозок во внутреннем сообщении является не достаточным для возмещения текущих расходов железных дорог, не хватает средств на осуществление капитальных инвестиций, необходимых для обеспечения инвестиционных программ в прогнозируемом (плановом) периоде. В такой ситуации и в условиях, когда меняются правила установ-

ления тарифов, не зависящих от хозяйственной деятельности железных дорог, это является достаточным основанием для изменения уровня тарифов согласно соответствующему порядку пересмотра грузовых и пассажирских тарифов. При этом происходит пересмотр всего тарифа. В соответствии с такими условиями предусмотрен механизм, по которому величина изменения тарифов должна быть выше индекса цен производителей промышленной продукции. Такие индексы определяются в соответствии с прогнозными макропоказателями экономического и социального развития Украины (утверждаются ежегодно постановлением Кабинета Министров Украины). Он не может превышать рассчитанного индекса изменения уровня тарифов. Учитывая, что индекс изменения уровня тарифов рассчитывается непосредственно железными дорогами, то при его определении возможно наличие проблемы «асимметрии информации».

Выделение составляющих в тарифах, с одной стороны, является основой для дерегулирования платы за услуги, предоставляемые в потенциально конкурентных секторах, а с другой – регулирование ценообразования субъектов естественных монополий и смежных рынков без дерегуляции не позволяет менять эти компоненты при изменении конъюнктуры рынка, а также применять динамическое ценообразование при перевозке пассажиров железнодорожным транспортом Украины.

Выводы.

1 Эволюция ценообразования на услуги предприятий железнодорожного транспорта на территории Украины свидетельствует о том, что система формирования тарифов, которая применяется в настоящее время, относится к смешанному типу. Это связано с тем, что тарифы строятся на принципе учета затрат предприятий железнодорожного транспорта. При этом применяются элементы, характерные для системы, которая определяет ценность груза с учетом стоимости грузов и доли

транспортной составляющей в цене перевозимой продукции.

2 Государственное регулирование на тарифы в целом при работе в потенциально конкурентных секторах транспортной деятельности железнодорожных предприятий является преградой для развития конкуренции. Это, в свою очередь, приводит к сдерживанию дальнейшего развития железнодорожного транспорта в целом.

3 В условиях проведения реформирования железных дорог Украины необходимо учитывать особенности экономической среды, в которой проводятся преобразования, подготовленность этой среды к ожидаемым изменениям.

4 На железнодорожном транспорте важно не только выполнять учет технологико-экономических особенностей, связанных с выделением естественных монополий как особых объектов государственного регулирования и контроля со стороны государственных органов, но и учитывать поведение существующих и потенциальных участников рынка транспортных услуг.

Список литературы

1 **Витте, С. Ю.** Принципы железнодорожных тарифов по перевозке грузов / С. Ю. Витте. – СПб. : Типография общества Брокгауз – Ефрон, 1910. – 272 с.

2 **Загорский, К. Я.** Теория железнодорожных тарифов. Задачи управления, принцип построения и применения, формы и виды тарифов / К. Я. Загорский. – СПб. : Типография В. Киришабаума, 1901. – 325 с.

3 **Колесникова, Н. М.** Теорія адаптивно-гармонізаційного механізму ціноутворення на залізничному транспорті : [монографія] / Н. М. Колесникова. – К. : КУЕТТ, 2007. – 349 с.

4 *Railway reform: Toolkit for Improving Rail Sector Performance / The Int. Bank for Reconstruction and Development The World Bank, 2011 [Electronic resource]. – Mode of access : http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/railways_toolkit/index.html. – Date of access : 20.11.2015.*

Получено 05.04.2016

A. W. Sadyuc. Evolution of pricing on business services Railway Transport of Ukraine.

The paper presents the essence of pricing systems for railway transport enterprises located within the territory of Ukraine. Availability of components from different pricing systems in contemporary pricing system is explored with simultaneous revelation of drawbacks inherent in the pricing system constraining development of the competition in railway transport.

УДК 656.212.5

М. В. НОВИКОВА, кандидат экономических наук, Институт экономики и менеджмента Национального авиационного университета, г. Киев, Украина.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ ПОТЕНЦИАЛА АВИАТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Разработана логическая схема управления процессом развития стратегического потенциала предприятий авиационного транспортного комплекса. Осуществлена ресурсно-целевая оценка развития стратегического потенциала предприятий авиационного транспортного комплекса в процессе принятия управленческих решений.

Постановка проблемы. Перспективы повышения эффективности использования транспортной инфраструктуры в значительной степени зависят от системы управления национальным хозяйством и ее стратегических комплексов. Особенно важную роль играет стратегическое управление, ориентированное на достижение долгосрочных фундаментальных целей экономического развития, которое фактически находится в Украине на начальных стадиях своего становления. Авиационный транспорт является наиболее высокотехнологичным и наукоемким видом транспортной инфраструктуры, а высокие темпы развития научно-технического прогресса значительно влияют на развитие экономических процессов в стране в целом и, в наибольшей степени, на транспортную отрасль [3]. Заинтересованность предприятий авиатранспортного комплекса Украины (АТК), которые осуществляют свою деятельность в условиях неустойчивости среды функционирования, в адекватной оценке и нахождении путей полной реализации своего стратегического потенциала (СП), определяет теоретическую и практическую необходимость методологического инструментария аналитических исследований по проблемам его анализа, прогнозирования и выработке управленческих решений для поиска и принятия оптимального решения для развития потенциала.

Анализ последних исследований и публикаций. Значительный научный вклад в решение многоаспектных задач развития стратегического потенциала предприятий сделали выдающиеся отечественные и зарубежные ученые-экономисты: Адимбаев Т., Герасименко И., Должанский И., Краснокутская Н., Райан Б., Садловская И., Спирин В., Федонин В., Щелкунов В. и др. Теоретические и практические аспекты проблем развития авиатранспортного комплекса Украины рассматривались в научных трудах ученых: Арефьевой А., Астаповой Г., Жаворонковой Г., Загоруйко В., Кулаевым Ю., Ложачевской О., Новиковой А., Подрезой С., Садловской И., Щелкуновым В., Юном Г. и др.

Не решенные ранее части общей проблемы. Положительно оценивая результаты исследований ученых и отдавая должное теоретической и практической ценности научных результатов, следует отметить, что проблемы методологии и практики по определению влияния факторов, а также прогнозированию самой возможности формирования стратегического направления развития потенциала предприятий авиатранспортного комплекса Украины, где определена модель процесса принятия управленческих решений при разработке и реализации стратегических направлений по развитию стратегического потенциала, исследованы фрагментарно и требуют дальнейшего

изучения.

Цель статьи. Целью статьи является научно-методологическое обоснование вариантов принятия управленческих решений при разработке и реализации стратегических направлений по развитию потенциала авиатранспортного комплекса.

Изложение основного материала. Трансформация структуры управления влияет на потенциал предприятий авиационного транспортного комплекса (АТК). Во-первых, вследствие самих направлений развития потенциала, во-вторых, сами организационные изменения и организация контроля эффективности таких изменений невозможны без привлечения уже имеющегося потенциала. Кроме того, для развития необходимо привлечение ресурсов из внешних источников в том случае, если предприятия не имеет собственных. Все мероприятия по формированию организационного механизма и обоснование направлений развития предприятий (стратегии развития) условно следует разделить: «нужные затраты на ресурсы» и «ненужные затраты на ресурсы» потенциала предприятий АТК. Так как и сам процесс развития стратегического потенциала предприятия также требует затрат [4, 8].

План развития стратегического потенциала предприятий АТК ($S_{ЭП1}^P$) в рамках исследуемого организационно-стратегического механизма представляет собой сложный процесс, сопровождаемый набором последовательных действий, направленных на изменение как базовых составляющих, так и всего стратегического потенциала предприятий АТК. Оценка подобных изменений осуществляется за счет системы показателей, значение которых в совокупности дает представление о соответствии уровня развития стратегического потенциала стратегическим целям. Система показателей необходима в качестве ориентира на этапе контроля для оценки эффективности процесса развития. В подобную систему целесообразно включать как количественные, так и качественные показатели. Такие показатели служат ориентиром для реализации плана стратегического развития ($S_{ЭП1}^P$) и осуществления соответствующих управленческих воздействий, направленных на активизацию развития отдельных составляющих стратегического потенциала ($U_{ЭП1}$). Подобная система показателей должна представлять собой «второй контур», призванный оценивать как непосредственно процесс развития, так и эффективность функционирования организационно-стратегического механизма. Кроме выделенной системы показателей следует рассматривать пока-

затели, характеризующие конкурентоспособность стратегического потенциала предприятия АТК ($C_{СП}^k = F(\Sigma C_1^k)$), которые являются ориентиром для формирования стратегических направлений развития.

В процессе развития должны быть задействованы ресурсы потенциала предприятия АТК, поэтому важным является определение состава, количества и источников поступления необходимых для развития ресурсов, однако подобный замкнутый процесс не может быть эффективен в течение длительного периода [5], тем более, если принимается стратегия интенсивного наращивания потенциала. В этом случае необходимо привлечение ресурсов из внешней среды (рисунок 1, а и б). Процесс развития без привлечения внешних ресурсов возможно проиллюстрировать контурной структурой (рисунок 1).

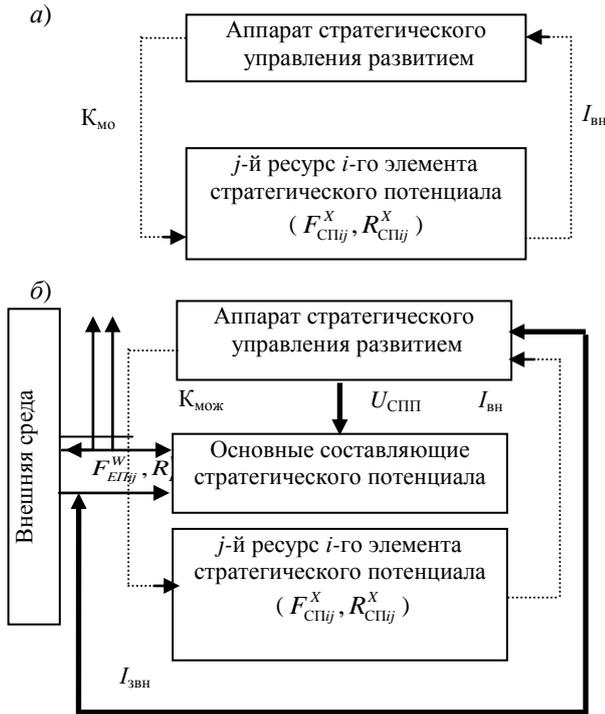


Рисунок 1 – Одноконтурная и двухконтурная модели управления развитием потенциала предприятий АТК:

а – направление развития не предусматривает привлечение внешних ресурсов; б – направление развития предусматривает привлечение внешних ресурсов

Однако, как показал проведенный анализ, большинство предприятий АТК не располагают достаточными собственными возможностями для осуществления полномасштабных программ развития. В связи с чем возникает необходимость в формировании второго контура, представленного на рисунке 1, б.

Как следует из рисунка 1, а, аппарат стратегического управления развитием на основе анализа внутренней информации $I_{вн}$ о состоянии ресурсной взаимодействия элементов потенциала предприятий осуществляет корректирующее воздействие ($K_{мож}$). Ресурсное взаимодействие предполагает достижение стратегических целей как за счет развития стратегического потенциала, посредством использования (j -го вида) финансовых ресурсов и элемента стратегического потенциала ($F_{СПij}^x$), так и информационных, трудовых, временных и других ресурсов R_{Nij}^x . Как уже отмечалось, одноконтурная модель развития вполне жизнеспособна для конкретного вида стратегии развития стратегического потенциала предприятий.

АТК (или отдельных его элементов). Примером для подобного направления развития может служить стратегия ограниченного (или слабого) наращивания потенциала, которая заменит на определенном этапе жизненного цикла функционирования предприятия АТК стратегию интенсивного наращивания. Во многих стратегиях, предполагающих использование одноконтурной модели процесса принятия управленческих решений при формировании направления развития потенциала можно использовать стратегию развития отдельных элементов стратегического потенциала, когда развитие одной составляющей вполне может быть скомпенсировано ресурсами других. И, наконец, стратегия максимального привлечения потенциала для выхода предприятия из кризиса или усиление конкурентных позиций. В этом случае основной целью становится выживание предприятия именно за счет имеющегося потенциала.

Если система мероприятий требует привлечения ресурсов извне, то процесс формирования и последующего контроля за ходом реализации программы логично представить в виде двухконтурной модели (рисунок 1, б). Обоснование введения второго контура продиктовано не только необходимостью контроля за ресурсообменом с внешней средой, но и активным обменом информацией с внешним консультантом (в рамках матричной организационной структуры). Таким образом, второй контур обеспечивает контроль за состоянием поступающих ресурсов, в том числе и информационных. Есть необходимые для осуществления стратегии развития стратегического потенциала и отдельные составляющие ресурсы, поступающие извне предприятий АТК, которые необходимо контролировать и учитывать отдельно. Подобный обмен ресурсами ($F_{СПij}^x, R_{СПij}^x$) существует для контроля второго контура (рисунок 1, б).

Внешнее консультирование обеспечивает не только поток информационных ресурсов ($I_{звн}$), но и принятия стратегических решения вместе с аппаратом стратегического развития. Принятые стратегические решения по развитию стратегического потенциала на основе оценки его состояния и контроля потоков входящих и исходящих ресурсов формируют управленческие воздействия ($U_{спп}$) на элемент стратегического потенциала.

Особое значение при проектировании модели управления процессом формирования направления развития следует уделять именно связям и взаимодействию с внешней средой предприятий [2, 10]. На рисунке 1, б обмен ресурсами с внешней средой осуществляется в двух направлениях. Тем самым возникают дополнительные точки контроля, которые характеризуют состояние, направление, качество ресурсных и информационных потоков в процессе формирования и реализации стратегии развития стратегического потенциала предприятия АТК. Возникающие нарушения и несоответствия в развитии потенциала проявляются через оценку $C_{Nij}^k F(\Sigma C_1^k)$, а также $I_{вн}$ и $I_{звн}$. При этом возникает необходимость в дополнительных контролирующих потоках (K_c). Подобный подход должен обеспечить мобильность процесса внедрения изменений (в случае необходимости), сформулированных в общем стратегическом плане развития. Стратегический план развития предусматривает формирование управляющих воздействий на основе сформированной системы показателей (ΣK_k).

Таким образом, оба контура логично объединены в схеме управления процессом развития стратегического потенциала предприятий АТК (рисунок 2) [6].

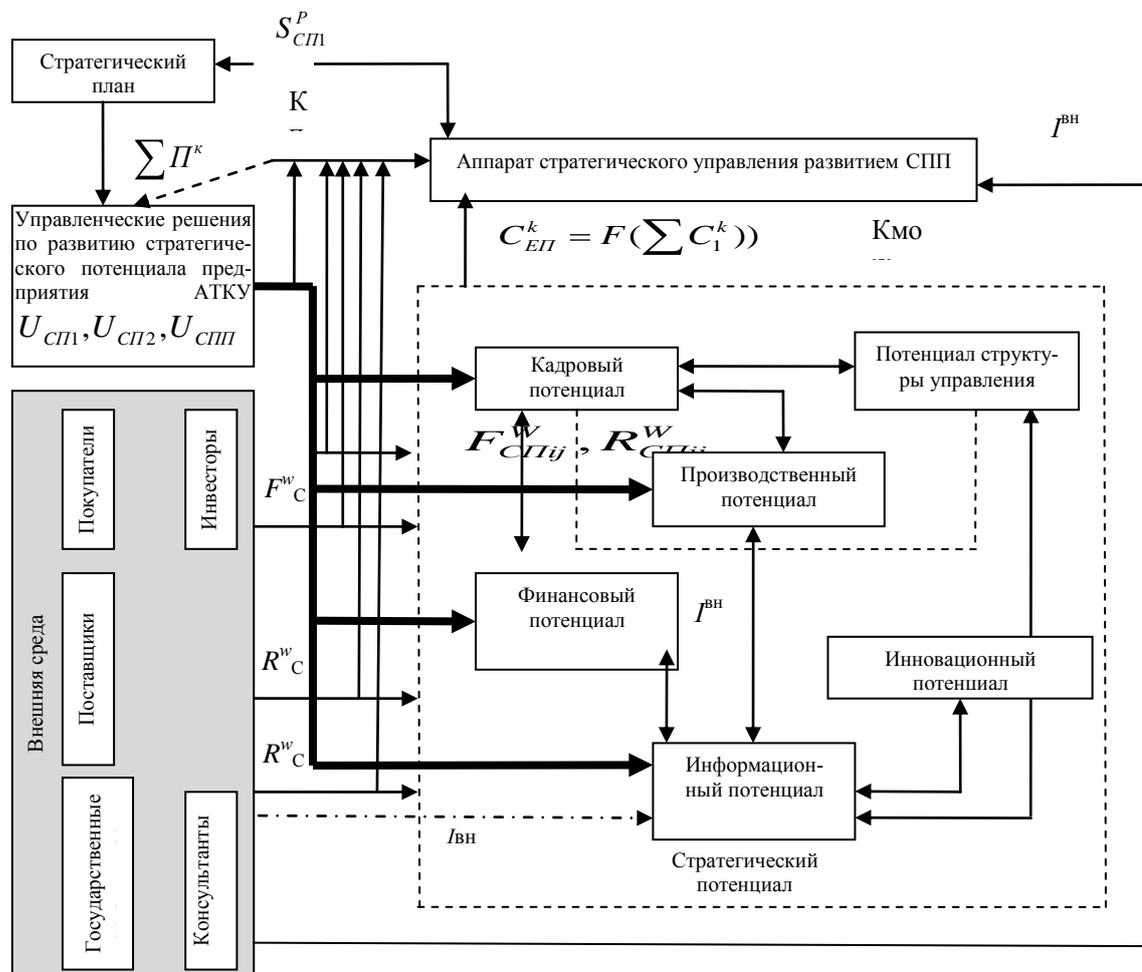


Рисунок 2 – Логическая схема управления процессом развития стратегического потенциала предприятий АТК

Как следует из рисунка 2, процесс управления развитием включает в себя набор контролирующих потоков – за направлением ресурсного взаимодействия потенциала предприятий АТК с внешней средой и непосредственно состоянием самого стратегического потенциала и основных его составляющих. Во внешней среде обозначены основные контактеры: это, прежде всего – внешний консультант, государственные органы, поставщики, покупатели и инвесторы. Все перечисленные элементы внешней среды могут быть как поставщиками необходимых для развития стратегического потенциала финансовых (ценные бумаги, участие в уставном капитале других предприятий и др.) и других ресурсов (технологических, технических, временных, материальных и информационных), так и потребителями результатов данного развития в виде авиауслуг и др. В представленной автором схеме рисунок 2, в контуре стратегического потенциала предприятий АТК, отдельным блоком выделен потенциал структуры управления. Как показывает опыт крупных предприятий АТК, именно несовершенство структуры управления, инертность работников предприятий, отсутствие заинтересованности в участии и понимании процесса развития, является одним из основных факторов срыва стратегических планов. Подобный ущерб также вызывает инертная структура управления крупными предприятиями АТК [11].

Таким образом, принимая во внимание, что временной фактор оказывает значительное влияние на успех и в конечном итоге значимость реализации стратегического плана развития потенциала предприятий АТК, часть управленческих воздействий (направленных на кадровую составляющую стратегического потенциала), должны включать в себя мероприятия, способствующие развитию персонала и укреплению «системы ценностей», которые направлены на преодоление сопротивления.

В то же время условия внешней среды и уровень развития изучаемого механизма может вызвать разногласия в системе «цель развития – привлекаемые ресурсы». В этой связи уместно рассмотреть возможные варианты реализации направлений развития (стратегий развития) согласно привлекаемых для подобных целей ресурсов (рисунок 3). Как следует из рисунка 3, три из четырех вариантов, ресурсно-целевой оценки развития стратегического потенциала предприятий требуют корректировки (К).

Вариант 1. Согласно первому варианту (рисунок 3) стратегия развития реализована в полном объеме. При этом все необходимые для реализации стратегии ресурсы были предоставлены и использованы в полном объеме. Тем самым вариант 1 подтверждает не только жизнеспособность самой стратегии развития, но и всего организационного механизма. Корректировка в этом случае не требуется.

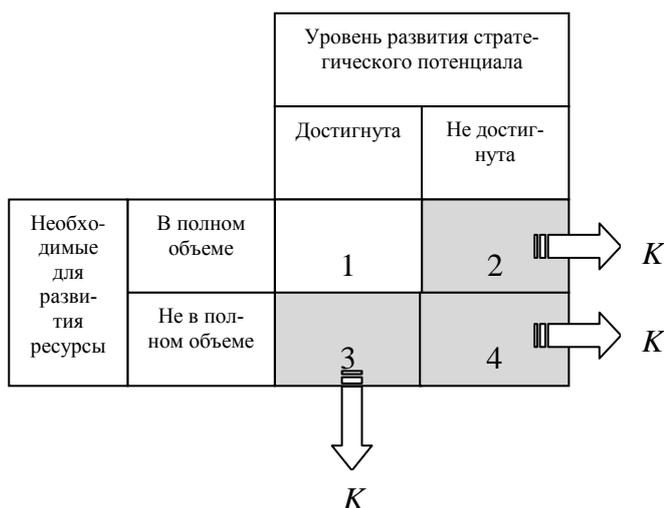


Рисунок 3 – Ресурсно-целевая оценка развития стратегического потенциала предприятий АТК

Вариант 2. Стратегия развития не была реализована, хотя все необходимые ресурсы были представлены в полном объеме. Таким образом, можно говорить об ошибке стратегического планирования, которая заключается в недооценке факторов, влияющих на стратегические результаты развития. Основная проблема заключается в отрыве стратегии развития от реального положения стратегического потенциала. Подобный вариант является следствием основных несоответствий:

$$\begin{cases} S_{СПi}^P \neq C_{СП}^K (F(\sum C_i^K)) \\ U_{СПi} \neq I^{BH}; I_{ЗВН} \end{cases} \quad (1)$$

Корректировка в этом случае должна касаться процесса разработки стратегии развития стратегического потенциала адекватной реальному состоянию его элементов, а также совершенствованию организационного воздействия на основе источника информации о состоянии развития.

Вариант 3. Подобный вариант развития может быть охарактеризован «перестраховкой», которая заключается в средствах для достижения стратегических целей. Несмотря на то, что в целом итог, сохранение подобной тенденции может спровоцировать более серьезную проблему, что выражается в отказе от новых перспектив развития через «недостаток ресурсов» и в конечном итоге – потере конкурентного преимущества. Можно также выделить следующую пару несоответствий в организационном механизме:

$$\begin{cases} U_{СПi} \neq I^{BH}; I_{ЗВН} \\ S_{СПi}^P \neq (R_{СПij}^w, F_{СПij}^w, R_{СПij}^x, F_{СПij}^x) \end{cases} \quad (2)$$

Корректировка в этом случае должна охватывать все элементы, задействованные в информационном обмене, кроме того, сам процесс формирования стратегии развития необходимо пересматривать и корректировать в соответствии с имеющимся в наличии и необходимым количеством ресурсов как внутренних, так и внешних.

Вариант 4 – полная недееспособность механизма развития, проявляется как в переоценке собственных возможностей, так и в выборе недостижимых целей развития. Кроме того, результатом подобного варианта могут быть существенные просчеты в информационном взаимодействии, ресурсообмене, адекватной оценке составляющих стратегического потенциала и потребностей в развитии.

$$\begin{cases} U_{СПi} \neq I^{BH}; I_{ЗВН} \\ S_{СПi}^P \neq (R_{СПij}^w, F_{СПij}^w, R_{СПij}^x, F_{СПij}^x) \\ S_{СПi}^P \neq C_{СП}^K (F(\sum C_i^K)) \end{cases} \quad (3)$$

Комплекс управленческих воздействий, сформированный на основе полученной информации как внешней, так и внутренней, исходя из вышеперечисленных вариантов несоответствия, является наиболее ответственным участком организационного механизма развития.

Рассмотрим подробнее схему принятия решений при реализации стратегического направления развития стратегического потенциала в рамках организационного механизма (рисунок 4).

Последовательность принятия решений выглядит следующим образом. В аппарат управления постоянно поступают сведения о состоянии развития элементов стратегического потенциала предприятий АТК, а данные о состоянии ресурсной базы, с помощью которой поддерживается подобное развитие ($I_{ВН}, I_{ЗВН}$). Внешняя и внутренняя информация характеризует состояние потоков (финансовых, кадровых, информационных и др.), а также адекватность развития тенденциям авиатранспортного рынка.

Поэлементный анализ подобной информации, а также сравнение полученной информации с показателями плана стратегического развития ($K_{П}$), определяет дальнейшую последовательность принятия управленческих решений. Так, в случае отсутствия значимых проблем, управленческие решения по результатам проведенного анализа, а также учета и контроля принимаются по очередности, в соответствии стратегическому плану развития [1]. Причем такие решения могут приниматься как руководителями высшего, так и среднего или низшего звена и в соответствии с должностными обязанностями, которые возложены на каждое звено транспортного комплекса (см. рисунок 4). Если возникает несогласованность между плановыми и фактическими показателями развития или существуют сбои иного характера, необходимо осуществление внеплановых (незаложенных в стратегическом плане действий).

На рисунке 4 рассмотрены следующие варианты корректировок, которые определяют: плановые показатели; сам механизм развития; цель развития.

Корректировка целей развития возможна в случае частичного или полного отказа от ранее запланированных показателей уровня развития основных элементов стратегического потенциала. Корректировка плановых показателей возможна в случае пересмотра общих целей развития. Условия гибкости стратегического плана предусматривают соответствующий механизм принятия решений.

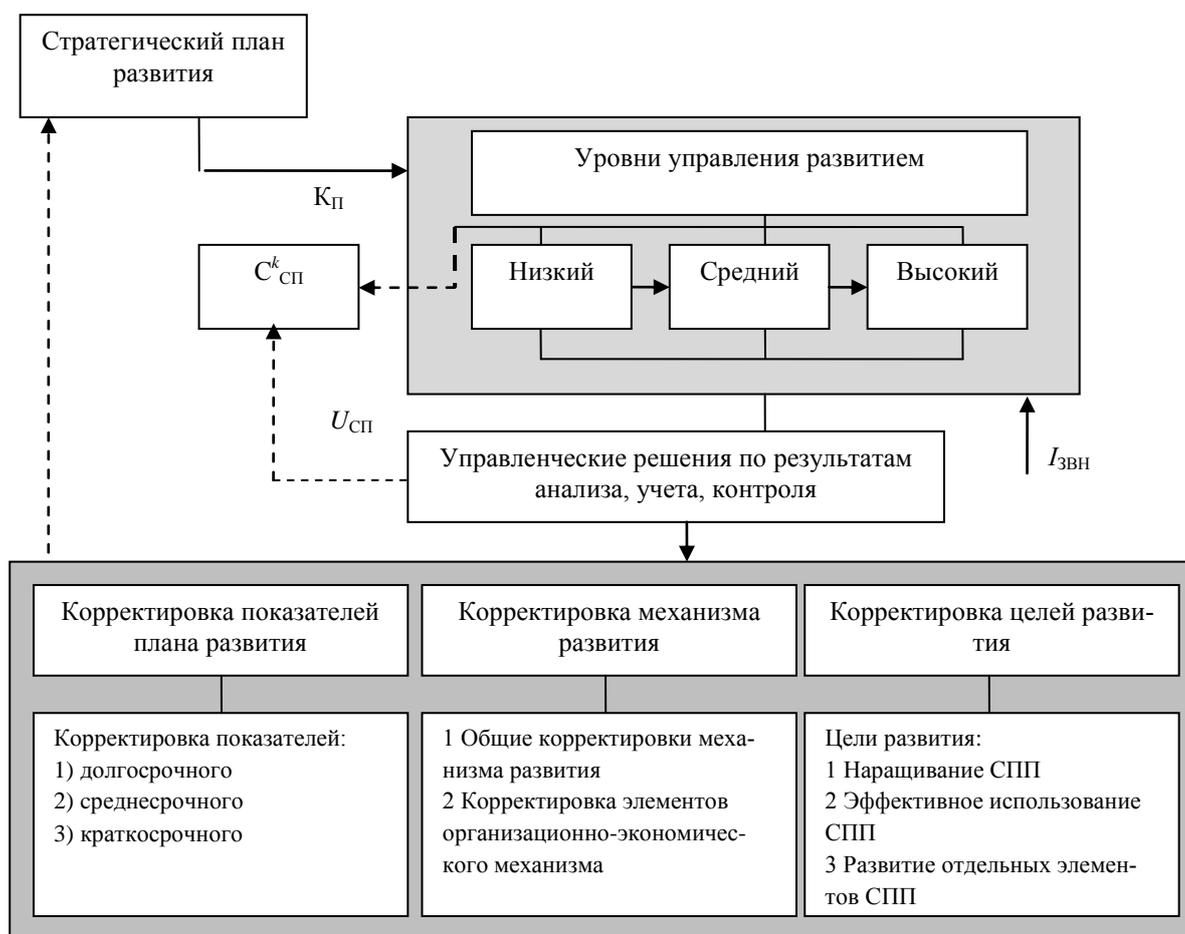


Рисунок 4 – Процесс принятия управленческих решений при реализации стратегии развития СПП

Причем подобные решения могут принимать руководители всех звеньев в зависимости от уровня планирования, важности показателей и степени рассогласования плановых и фактических данных. В то же время между различными звеньями аппарата управления предусмотрены последовательные связи.

Если реализация предложенных мероприятий не приводит к стабилизации системы, то возникнет необходимость корректировки и перерасмотрения механизма управления развитием. В зависимости от критичности ситуации возможна как полная, так и частичная реорганизация механизма развития. Очевидно, что подобное решение принимается руководителями высшего звена. В результате принятия такого решения формируется система организационных мероприятий, направленных на изменение существующей структуры и пересмотра действующего стратегического плана. В рамках предлагаемого организационного механизма развития стратегического потенциала предприятий АТК эффективность управления достигается в результате вышеупомянутых условий. При этом условия формируются в результате управляющих воздействий для достижения поставленных задач по критериям оптимальности. На наш взгляд, существует еще одна проблема в рамках управления процессом развития. Так как данная система является частью более сложного механизма управления (механизма управления предприятиями АТК) и представляя собой сложную систему, увеличивается вероятность роста неупорядоченности входящих в ее состав

В подобной несогласованности выступает энтропия, которая согласно теории управления «является мерой неопределенности состояния или поведения системы в определенных условиях» [2, 5, 6].

Энтропия противоположна объему управляющей информации, а в нашем случае:

$$E = -(U_{СПП} + K_{МОЖ}) \quad (4)$$

Рассчитывается по формуле $E = a \ln(N)$, где a – постоянный коэффициент, который зависит от свойств системы; N – неупорядоченность (системы) развития.

В результате можно отметить снижение неупорядоченности управлением развитием. Если снижение энтропии (или поддержание на постоянном, минимальном уровне) выступает в качестве меры эффективности управления, то тогда сводится к формуле

$$(U_{СПП} + K_{МОЖ}) = E_1 - E_2 = a \ln \frac{N_1}{N_2} \quad (5)$$

где $(U_{СПП} + K_{МОЖ})$ – общее количество управляющей информации; E_1, E_2 – энтропия на начало и конец периода.

Отсюда исходит величина неупорядоченности на конец периода:

$$N_2 = N_1 e^{-\frac{(U_{СПП} + K_{МОЖ})}{a}} \quad (6)$$

где $e = 2,71928192845\dots$ – основание натурального логарифма.

Как бы эффективно ни было управление, энтропию можно свести к нулю. С другой стороны, поскольку выявляется неупорядоченность, силы неупорядоченности препятствуют максимальному использованию возможностей системы, а в этом случае – организационного механизма развития. Максимально возможный и реально получаемый эффект механизма развития будет находиться в следующем соотношении:

$$\frac{E}{E_{\max}} = 1 - Ne^{-\frac{I}{I_1}}, \quad (7)$$

где E – эффект развития; E_{\max} – максимально возможный стратегический эффект; I_1 и I_2 – количество управляющей информации (на начало и конец периода), определяется величинами $U_{\text{СПИ}}$ и $K_{\text{МОЖ}}$.

В результате эффект управления развитием может быть рассчитан:

$$(U_{\text{СПИ}} + K_{\text{МОЖ}}) = E_1 - E_2 = a \ln \frac{N_1}{N_2}$$

$$E = E_{\max} \left(1 - Ne^{-\frac{I}{I_1}}\right). \quad (8)$$

Выражение $N_1 e^{-\frac{I}{I_1}}$ представляет собой неупорядоченность механизма развития на конец периода, то есть:

$$N_2 = N_1 e^{-\frac{I_2}{I_1}} \quad (9)$$

В результате получаем формулу для расчета неупорядоченности механизма развития на конец периода:

$$N_2 = \left[1 - \frac{E}{E_{\max}}\right] \quad (10)$$

Расчеты по предложенной формуле являются не громоздкими и требуют отчетной информации для определения E , и несложных вычислений E_{\max} согласно выбранному и отраженному в стратегии развития критерию. Однако энтропия зависит не только от конечного состояния величины неупорядоченности (N_2). Необходимо также определять неупорядоченность системы (механизма развития) находящегося в исходном состоянии или же в начале периода (N_1). Определение N_1 должно исходить из того, что снижение энтропии механизма возможно в результате дополнительного информационного воздействия на нее ($U_{\text{СПИ}} + K_{\text{МОЖ}}$). Такой дополнительный прирост упорядоченности (снижение энтропии) измеряется в предварительно определенный период. То есть в результате (при большем сроке реализации стратегии развития) можно выделить несколько периодов, где величина N_2 будет выступать в качестве N_1 для текущего периода. Для экономических систем коэффициент принимается равным единице.

Таким образом, получаем показатель, определяющий мероприятия по изменению управления:

$$E_{\text{упр}} = \ln \left(\frac{N}{N_2}\right) \quad (11)$$

Учитывая тот факт, что не всякая информация необходима для управления и является экономически целесообразной, для выделенного (определенного) периода выполняется система следующих неравенств:

$$\begin{cases} E_1 \geq E_2 \\ N_1 \geq N_2 \end{cases} \quad (12)$$

Таким образом, необходимо достичь роста, за счет снижения неупорядоченности механизма развития. В случае же невыполнения условий системы эффективность механизма развития не может быть больше нуля, то и механизм является неэффективным. В результате применения рассмотренных одноконтурных и двухконтурных моделей привлечения ресурсов и принятия управленческих решений при формировании и реализации стратегических направлений развития стратегического потенциала в рамках организационного механизма, можно с помощью контроля ресурсных и информационных потоков снизить вероятность стратегического просчета и принять своевременные меры по введению корректив плановых показателей, целей развития или элементов механизма развития.

Выводы. Сформулированные автором основы формирования организационной составляющей механизма развития стратегического потенциала предприятий АТК, сочетающие в себе частные механизмы: стратегического управления развитием; системного планирования; информационного взаимодействия и структурирования процесса, тесным образом взаимосвязаны не только с процессами реорганизации систем управления и планирования, но также и процессами принятия решений и системами мотивации. В результате формирования организационной составляющей механизма развития стратегического потенциала необходимо отводить не только особую роль усовершенствованию деятельности предприятий АТК (при необходимости – реорганизации) и их планированию, но и учитывать особенности процесса выработки стратегических решений, которые сопровождаются поиском оптимальных вариантов информационного и ресурсного обмена. В отсутствии на предприятиях АТК эффективной системы стратегического планирования и управления, наиболее приемлемым вариантом становится привлечение внешних экспертов, способных разработать адаптированные методики и провести качественную диагностику внешней и внутренней среды вместе с работниками предприятий АТК.

Рассмотренный механизм системного планирования определяется в качестве основного элемента всего механизма управления предприятиями АТК, в частности механизма развития стратегического потенциала предприятий авиационного транспортного комплекса, включает в себя стратегическое, долгосрочное, среднесрочное, краткосрочное (текущее), оперативное планирование. В рамках предложенной системы планирования развития стратегического потенциала предусмотрена возможность логической комбинации различных

видов планирования с определением уровня детализации и продолжительности планового цикла в зависимости от состояния внешнего окружения предприятий. Решению задачи гибкости системы планирования в рамках организационного механизма развития стратегического потенциала способствовала возможность логической комбинации различных видов планов с определением уровня детализации и продолжительности планового цикла в зависимости от состояния внешнего окружения предприятий авиационного транспортного комплекса.

Список использованной литературы:

- 1 **Арефьева, О. В.** Управление развитием экономических систем: теория, механизмы регулирования та управління [монографія] / О. В. Арефьева, В. В. Прохорова – Х. : УкрДАЗТ, 2010. – 301 с.
- 2 Управление потенциалом предприятия. / И. З. Должанский [та інш.]. – К. : ЦНЛ, 2006. – 362 с.
- 3 **Кулаев, Ю. Ф.** Экономика гражданской авиации Украины [монографія] / Ю. Ф. Кулаев, В. И. Щелкунов. – К. : Феникс, 2010. – 736 с.
- 4 **Ложачевська, О. М.** Управление функционированием та розвитком транспортного комплексу регіону : [монографія] / О. М. Ложачевська. – К. : НАУ, 2002. – 248 с.
- 5 **Новикова, М. В.** Організаційно-економічне забезпечення формування ефективних умов функціонування інституту власності для підприємств авіаційного комплексу в умовах

глобальних змін / М. В. Новикова // Проблеми та перспективи організації авіаційних перевезень, застосування авіації в галузях економіки та розвитку транспортних систем : [монографія] : за заг. ред. Юна Г. М. – К. : НАУ, 2011. – С. 14–30.

6 **Новикова, М. В.** Формування регіональної політики інноваційно-інвестиційного розвитку підприємств територіальних авіавиробничих комплексів України : [монографія] / М. В. Новикова. – К., 2012 – 299 с.

7 **Новикова, М. В.** Формування стратегічного потенціалу підприємств авіатранспортного комплексу України : [монографія] : / М. В. Новикова. – К. : ПанТот. 2013. – 332 с.

8 **Садловська, І. П.** Стратегічні напрями розвитку авіатранспортних підприємств : [монографія] / І. П. Садловська. – К. : НАУ, 2005. – 148 с.

9 Стратегічне управління авіатранспортними підприємствами : [монографія] / Жаворонкова Г. В. [та інш.] ; за ред. Жаворонкової. – К. : Кондор-Видавництво, 2012. – 676 с.

10 **Щелкунов, В. И.** Производственный потенциал Украины. Стратегия формирования и использования / В. И. Щелкунов; Киевский международный ун-т гражданской авиации. – К. : КМУГА, 1999. – 245с.

11 **Lozhachevska, O. M.** Current trends and main directions for development in the aviation industry world integration groups / O. M. Lozhachevska, V. V. Matveev, M. V. Novykova // Of the fourth world congress “Aviation in the XXI-st century”. – Kyiv – 2010. – P. 61.9–61.12.

12 **Oswald A. J.** Mascarenhas. Business Transformation Strategies: The Strategic Leader as Innovation Manager (Response Books). / A. J. Oswald. – Sage Publications Pvt. Ltd. – 1 edition. 2011. – 668 p.

Novikova M. W. Simulation of the process of managerial decision-making when designing and implementing strategic directions for the development of the capacity of the air transport complex.

Developed logical scheme strategic development management capacity of enterprises of aviation transport complex. Implemented resource-strategic capacity development target of enterprises of aviation transport complex in the managerial decision-making process.

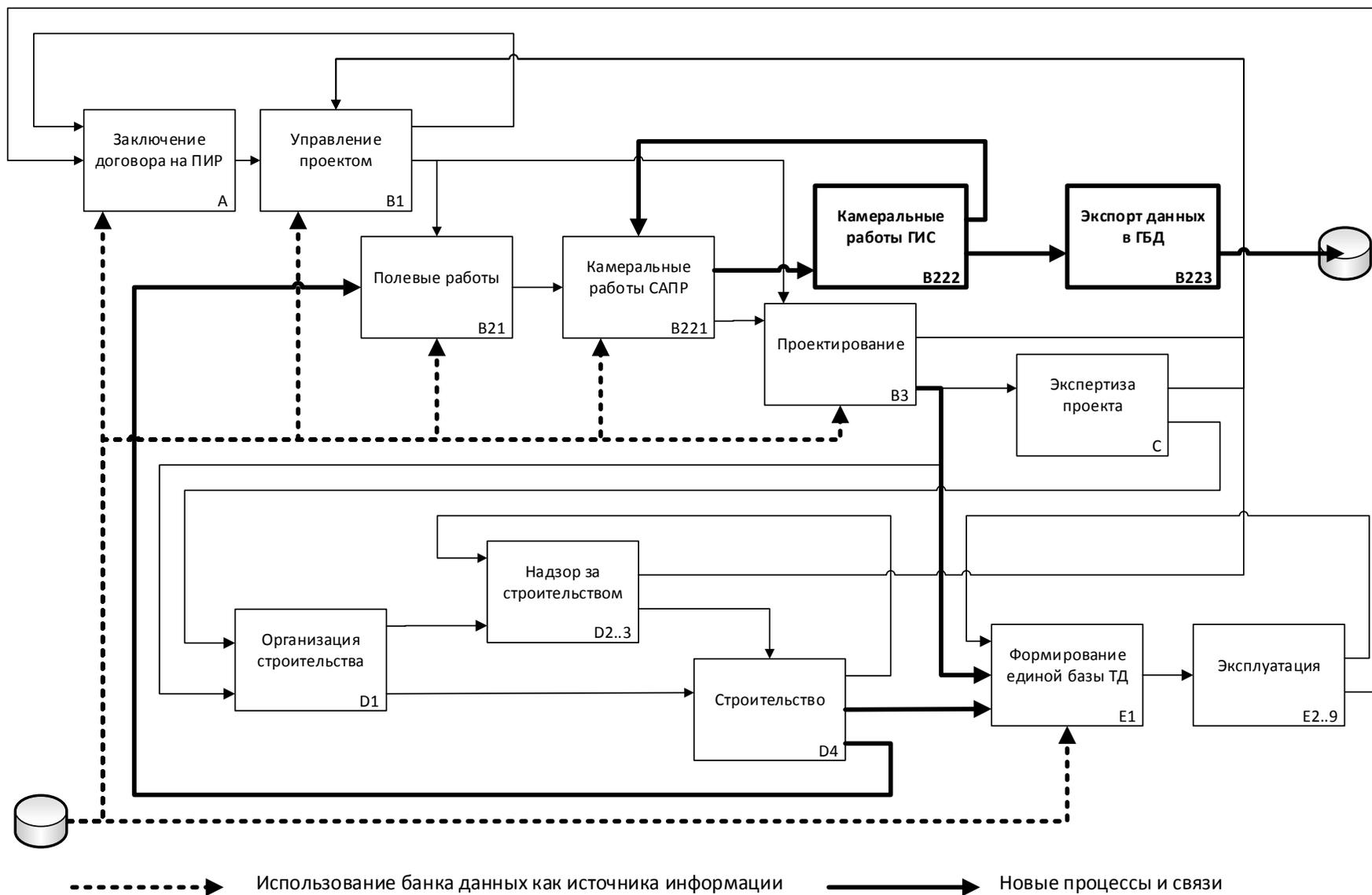


Рисунок 7 – Жизненный цикл инфраструктурной информации с использованием единого банка данных

В силу того, что до последнего времени юридическую силу имел только бумажный образец ТД, большинство информации в подразделениях дороги содержится на бумажных носителях, что делает невозможным сократить издержки на поддержание ТД в актуальном состоянии, сокращению трудоемкости предпроектных работ, системы выработки технических условий на проекты и иных инвестиционных решений.

7 Пути совершенствования информационного обеспечения жизненного цикла объектов инфраструктуры.

Для устранения рассмотренных выше недостатков требуется унификация технологий подготовки, сбора и хранения инфраструктурной информации, которая бы позволяла автоматизировать формирование обобщенной информации для всех уровней управления. То есть на уровне дистанций следует вести наполнение информационные базы, а на остальных уровнях управления осуществлять лишь ее потребление.

При формировании единого банка данных инфраструктурной информации преобразованию подлежат все этапы жизненного цикла объектов железной дороги, часть процессов исключаются, часть процессов будут подвергнуты реинжинирингу с учетом наличия нового инструмента автоматизации. На рисунке 7 приведено интегрированное представление информационного обеспечения жизненного цикла объекта инфраструктуры при создании единого банка данных с выделением изменений (на рисунке сохранена нумерация подпроцессов существующей системы, описанной ранее).

Заключение. В ходе исследования проанализирована система информационного обеспечения жизненного цикла объектов инфраструктуры железной дороги с целью выявления возможных путей совершенствования этой системы. Отмечено, что существенным для развития системы будет формирование единого банка данных инфраструктурной информации, что позволит сократить издержки на обеспечение перевозочного процесса и реализовать ряд новых технологий в управлении железнодорожным транспортом. В дальнейшем необходимо определить платформу, на которой необходимо реализовывать предлагаемый банк данных, и провести необходимую для формирования банка данных методическую работу.

Получено 12.09.2014

A. A. Safronenko. Information support of railway infrastructure lifecycle.

Maximize the benefits of business units automation is possible by improving the business processes of these units using automated systems as a new tool. The article describes the lifecycle of information about railway infrastructure objects and the ways of improving the system of technical documentation in all its phases.

Список литературы

- 1 Соглашение о международном грузовом сообщении (СМГС). Приложение 2. Правила перевозок опасных грузов. Том I – По состоянию на 01.06.2013. – Организация сотрудничества железных дорог, 2013. – 271 с.
- 2 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий : ГОСТ 3.1109–82. – Введ. 01.01.1983. – М. : Государственный комитет по стандартам : Издательство по стандартам, 1982. – 14 с.
- 3 Большая энциклопедия транспорта : в 8 т. / Н. С. Конарев [и др.]; под общ. ред. Н. С. Конарева – М. : Большая Российская энциклопедия, 2003. – Т. 4: Железнодорожный транспорт. – 1039 с.
- 4 Состав проектной документации в строительстве. Правила проектирования : ТКП 45-1.02-214-2010. – Введ.: 19.07.2010. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь : Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), 2010. – 67 с.
- 5 Инструкция по составлению технически-распределительных актов железнодорожных станций : утв. начальником Белорусской железной дороги 22.12.2006. – Минск : Белорусская железная дорога, 2006. – 51 с.
- 6 Порядок ведения технической документации на устройства сигнализации, централизации и блокировки : СТП 09150.19.181-2011 – Введ. 01.12.2011. – Белорусская железная дорога : Дорожная лаборатория автоматики, телемеханики и связи Конструкторско-технического центра Белорусской железной дороги, 2012. – 35 с.
- 7 Порядок производства работ по ведению производственной документации на устройства электросвязи, передачи данных, автоматизированных систем контроля и пассажирской автоматики на Белорусской железной дороге : СТП 19150.19.120-2009 – Утв. 01.01.2010. – Белорусская железная дорога : Дорожная лаборатория автоматики, телемеханики и связи Конструкторско-технического центра Белорусской железной дороги, 2009 – 41 с.
- 8 Технический паспорт и рельсо-шпало-балластная карта организации путевого хозяйства : СТП БЧ 56.222-2012. – Введ. 01.08.2012. – Белорусская железная дорога : Служба пути Белорусской железной дороги и Брестский информационно-вычислительный центр по экспортно-импортным перевозкам РУП «Брестское отделение Белорусской железной дороги», 2012 – 104 с.

УДК 656.062 (476.2)

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, Т. А. ВЛАСЮК, кандидат технических наук, Н. А. ГРИГОРЕНКО, студент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА В ТУРИСТИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ ГОМЕЛЬСКОГО РЕГИОНА

Рассмотрены актуальные проблемы научно-методического обеспечения системы транспортного обслуживания выездного туризма в Гомельской области с использованием различных видов транспорта. Приводятся принципы формирования транспортного обеспечения выездного туризма с учетом конкурентоспособности перевозчиков.

Расширение географии выездного туризма населения Гомельской области неразрывно связано с транспортным обслуживанием, где отмечается усиление конкуренции между видами транспорта, особенно автомобильным и железнодорожным. При этом нарушено равновесие в системе взаимодействия различных видов транспорта. Железная дорога обеспечивала массовые перевозки пассажиров на значительные расстояния от станции до станции с последующей увязкой расписания рейсов воздушного и автомобильного транспорта, а автомобильный транспорт (автобусы и маршрутные такси) осуществлял доставку пассажиров между городами в пределах 500 км. Сегодня присутствует некоторая разобщенность в работе различных видов транспорта, выражающаяся в несогласованности расписаний движения транспортных единиц, что не позволяет сократить до минимума время ожидания в пункте пересадки, а также обеспечить комфортность поездки для пассажиров на всём маршруте следования, включая и удобство пересадки с одного вида транспорта на другой. Это часто приводит к «транспортной усталости» пассажиров, неиспользованию в полном объеме пропускной и провозной способности магистралей, подвижного состава, который имеет заполненность пассажирских поездов дальнего следования по экспертной оценке на 60 %, а иногда и менее. К сожалению, необходимо констатировать снижение количества пассажиров на речном транспорте, а также в малой авиации на небольшие расстояния, например, между областными центрами и т. п.

Однако нельзя сказать, что нет подобного опыта увязки расписаний движения поездов или самолетов, с одной стороны, и автобусов – с другой. Например, во многих областных центрах страны движение городского пассажирского транспорта организовано так, чтобы от железнодорожного вокзала автобусами (или маршрутными такси) можно было бы осуществить вывоз пассажиров прибывшего поезда. При этом следует обратить внимание на особую категорию пассажиров, являющихся туристами, численность которых ежегодно возрастает и определяет необходимость их группировки по отдельным признакам, зависящим от определенных практических целей, и выделить выездной, выездной, внутренний и транзитный туризм.

Рассмотрим динамику поездок жителей Гомельской области при выездном, выездном, внутреннем и транзитном туризме. При этом необходимо отметить, что по всем видам туризма отмечается существенный рост за последние 15 лет.

Динамика выездного туризма по Гомельской области за отмеченный период приведена на рисунке 1.

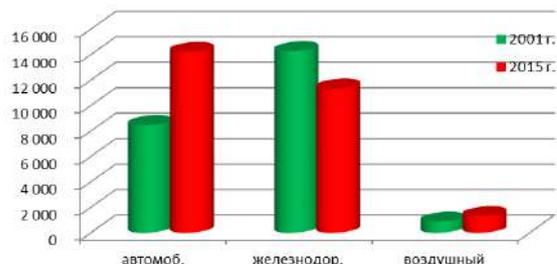


Рисунок 1 – Динамика выездного туризма

Из рисунка 1 видно, что в целом количество иностранных граждан, совершающих туристические поездки в Гомельскую область, выросло на 113,81 %. При этом существенный рост получили перевозки на воздушном транспорте – 150,69 %, которые выполняются в основном через Национальный аэропорт «Минск». Перевозки на автомобильном транспорте возросли на 168,13 % в основном за счет иностранных партнеров из республик Балтии, а также из-за «перехода» части пассажиров с железнодорожного транспорта, на котором пассажиропоток снизился на 79,39 %.

Существенные изменения за рассматриваемый период претерпел выездной туризм (рисунок 2).

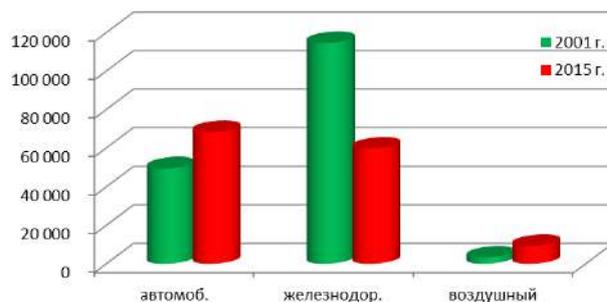


Рисунок 2 – Динамика выездного туризма

Из приведенной на рисунке 2 диаграммы видно, что за рассматриваемый период в Гомельской области на автомобильном и воздушном транспорте наблюдается рост объема перевозок при обслуживании выездного туризма (137,32 и 287,1 % соответственно) и снижение до 52 % на железнодорожном.

Высокая востребованность автомобильного и воздушного транспорта стала возможна за счет введения более дешевых тарифов на проезд как в страны ближнего, так и дальнего зарубежья (России, Литвы, Польши, Латвии и т. д.). Например, тариф «Лоукостер» в 2–3 раза дешевле, чем обычный, что делает его осо-

бенно популярным среди молодежи, совершающей туристические поездки. На воздушном транспорте рост перевозок выездного туризма связан с введением в обращение чартерных рейсов из Гомеля в Болгарию, Грецию, Турцию и Египет (вместо вылета из Минска). Для сравнения: поездка поездом в Бургас занимает для жителя Гомельской области 46 ч, а на самолете – 2,5 ч, включая регистрацию и перелет.

В последние годы приобретает популярность внутриобластной туризм в Гомельской области с посещением достопримечательностей (объектов историко-культурного наследия), которых на территории области насчитывается около 850. Большая их часть приходится на памятники истории и археологии – 313 и 377 соответственно. На территории Гомельской области располагаются две стоянки древних людей, одна из них около деревни Бердыж Чечерского района, вторая – возле деревни Юровичи Калинковичского района, что привлекает туристов в этот район и позволило увеличить объемы перевозок не только на автомобильном, но и железнодорожном транспорте на 223,3 % (рисунок 3).

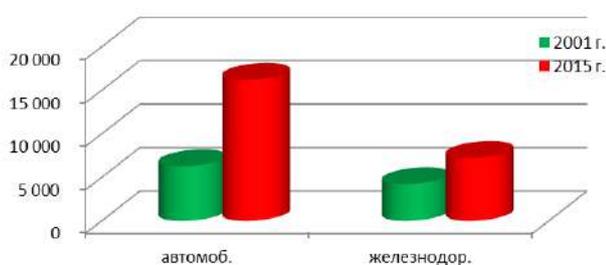


Рисунок 3 – Динамика внутриобластного туризма

Следует отметить, что представленный рост объема перевозок на двух видах транспорта стал возможен благодаря введению ускоренных поездов в региональном сообщении, время поездки в которых на 1,4 ч меньше, чем у обычных.

Таким образом, целесообразно рассмотреть возможность применения транспортной логистики в туристической сфере, отличающейся особенностями туристского продукта в региональном пассажирском сообщении на железнодорожном транспорте, который должен включать в себя:

- специально разработанный маршрут;
- тур с утвержденной программой обслуживания;
- услуги, предоставляемые дополнительно;
- товары, необходимые для туристского обслуживания.

При этом туристический маршрут должен разрабатываться таким образом, чтобы были учтены интересы и спрос конкретных потребителей и, который несет информационно-познавательную функцию, включая в себя перечень достопримечательностей конкретного региона. При разработке маршрута должны быть рассмотрены различные объекты туристического комплекса, среди которых природные или культурные достопримечательности: леса, озера, памятники архитектуры, соборы, храмы, церкви и т. д. Часть из них может быть предложена туристам для обзора из окна идущего поезда, а отдельные – во время остановки туристических поездов. Для лучшего обзора привлекательных объектов поезд может замедлять движение до 5 км/ч.

Закладка в график туристических поездов обзорного (смотрового) времени и остановок расширяет культурно-познавательные возможности, делает поездку более разнообразной и насыщенной, но, с другой стороны, существенно увеличивает съем грузовых поездов. Остановки туристических поездов на маршруте с целью проведения экскурсий по местным достопримечательностям должны, по возможности, совмещаться с остановками по техническим причинам: осмотр составов, заправка топливом, смена локомотивов и локомотивных бригад и т. п. Для снижения съема грузовых поездов туристическими поездами из-за остановок на промежуточных станциях маршрута, целесообразно их прокладывать на графике в пакетах с пассажирскими поездами, максимально использовать съемные нитки графика сборных поездов.

В целом при прокладывании маршрутов туристических поездов должна учитывать не только возможность обзора достопримечательных объектов в пути следования, но и режим работы предприятий питания, автотранспортных предприятий, туристических и экскурсионных объектов, задействованных в обслуживании туристов на остановочных пунктах.

Разветвленная сеть Белорусской железной дороги по территории страны позволяет организовать разнообразные по географическому расположению, форме и содержанию маршруты региональных железнодорожных туров (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица SWOT-анализа возможностей регионального железнодорожного транспорта для развития туризма в Гомельской области

Тип тура	Продолжительность тура	Краткая характеристика
Кратковременные (часовые) типа «Уикэнд»	от 3 до 10 ч	Отдых населения крупных городов после трудовой недели и в праздничные дни
Однодневные	от 10 ч до 1 суток	Экскурсия, путешествия в течение суток
Трансферт	Не более суток	Предоставление транспортных средств для обеспечения встреч – проводов туристов

Кратковременные туры предполагают выезд в лесопарковые зоны, к озерам, рекам и другим водным источникам, спортивным сооружениям и базам отдыха, историческим и культурным объектам, местам проведения различных спортивных соревнований, фольклорных, песенных фестивалей и других праздничных мероприятий. Такие туры необходимо осуществлять в вагонах разного класса, где имеются сидячие места с креслами, бар, буфет, музыкальное сопровождение, работает экскурсовод. По прибытии к месту назначения туристам может быть предложена специально подготовленная развлекательная программа.

Однодневные туры начинаются утром и заканчиваются вечером того же дня. В состав поезда включают 1–2 вагона-ресторана (бара), где, по пути, туристы не только могут принять пищу, но и посмотреть выступления артистов. После прибытия на конечную станцию

туристам предлагается специальная культурная программа, включающая экскурсию, поход, прогулку на теплоходе или пикник на природе, занятия по интересам и т. д.

Разнообразие потребностей потребителей в туристском отдыхе и целевая направленность позволяют классифицировать его по различным критериями: виду транспорта, количеству пользователей тура, степени стандартизации комплекса услуг, продолжительности тура и т. д. (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация типов туров

Цель тура	Познавательные, спортивные, оздоровительные, лечебные, экскурсионные, деловые, развлекательные и т. п.
Вид транспорта	Автомобильный, железнодорожный, морской и речной и т. п.
Количество пользователей тура	Групповые, индивидуальные
Степень стандартизации комплекса услуг	Пэкидж-тур, индивидуальный тур
Продолжительность тура	Кратковременные, однодневные

Помимо этого, туры в зависимости от назначения, платежеспособности населения и спроса могут быть *регулярными, периодичными и разовыми*. Скорости движения поездов зависят от вида тура и разработанной программы обслуживания, которая включает в себя: маршрут путешествия, перечень исполнителей туристических услуг и периоды их предоставления; перечень экскурсий и достопримечательных объектов; перечень туристических походов, прогулок; комплекс досуговых мероприятий; продолжительность пребывания в каждом пункте маршрута; число туристов, участвующих в поездке; перечень и количество видов транспорта для внутримаршрутных перевозок; распространение рекламных, информационных и картографических материалов, описание путешествия для информационных листов к туристическим путевкам; определение мер по безопасности туристической услуги.

Учитывая названные особенности туристического сервиса, определяется функциональная схема подготовительного этапа, технологического развития, наличия и эксплуатации транспортных средств различных видов транспорта, их взаимодействия, выбирается рациональное управленческое и технологическое решение. В таком случае имеет место инвариантная последовательность выполнения транспортного обеспечения туристического сервиса при наличии установленного времени начально-конечного следования граждан, не имеющего для них принципиального значения. Это связано с тем, что традиционное транспортное обслуживание населения зависит от степени стандартности и структурированности проблемы и не зависит от уровня неопределенности условий, характерных для туристического сервиса.

В системе туристического сервиса доминируют в большинстве случаев неструктурированные проблемы и значительная неопределенность условий принятия решений: чартерные рейсы всех причастных видов транспорта должны быть увязаны воедино, или трансфер туристической услуги не состоится, что приведет к

рisku исполнения туристической поездки. На более низком уровне организации туристического сервиса (в основном въездной и внутриобластной туризм) преобладают слабо структурированные проблемы и ситуации, приводящие к принятию решений в условиях риска. Поиск решений данной задачи связан с рядом обобщенных математических постановок задач для основных этапов жизненного цикла туристического сервиса и обеспечивающих его трансферов [4]. В данном случае используется следующий кортеж: $\langle Z_0, R_b, R_p, C_t \rangle$, где Z_0 – этап постановки целей туристического сервиса (обычно раннее бронирование), R_b – этап реализации туристического сервиса (исполнение трансферов), C_t – этап оценки качества транспортного обеспечения туристического сервиса. На этапе постановки целей туристического сервиса описывается системой аналитических выражений по оценке объема конечного продукта:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= x_t^{\text{пту}} - x_t^{\text{фту}}; \\ x_{t+1}^{\text{рб}} &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_t, R_{t+1}); \\ \Delta x_{t+1}^{\text{ту}} &= x_{t+1}^{\text{пту}} - x_{t+1}^{\text{рб}}; \\ R_{t+1}^{\text{рб}} &= f_2(x_{t+1}^{\text{рб}}); \\ C_{t+1}^{\text{рб}} &= f_0(\Delta x_t^{\text{ту}}, \Delta x_{t+1}^{\text{ту}}, \Delta R_{t+1}^{\text{ту}}), \end{aligned}$$

где t – продолжительность использования тур-услуги; $x_t^{\text{пту}}, x_t^{\text{фту}}, x_t^{\text{рб}}$ – туристические услуги (конечный тур-продукт) плановые, фактические и по раннему бронированию; $R_t^{\text{рб}}, R_t^{\text{ту}}$ – характеристика ресурсов транспортных организаций (перевозчиков), рассчитанных по обеспечению раннего бронирования, плановых фактических (назначение взаимовязанных чартерных рейсов на видах транспорта); $C_{t+1}^{\text{рб}}$ – количественная характеристика туристического сервиса.

На этапе выработки рационального решения транспортного обеспечения туристических услуг Гомельского региона определяется множество способов достижения целей (альтернативных вариантов) и в поиске оптимального (приемлемого) варианта транспортного обеспечения конкретной тур-услуги z_{t+1}^* . На этом этапе разработки логистики туристического сервиса требуется получить решение следующих взаимосвязанных задач, которые могут позволить получить математическое описание искомой модели:

$$z_{\text{ту}} = \{z_{t+1}^i = f(C_{t+1}, R_{t+1}, M_{t+1}), i = \overline{1, n}\};$$

при наличии ограничений

$$R_{t+1}(z_{t+1}^i) \leq R_{t+1}^{\text{фту}};$$

определяется следующий выбор искомого решения

$$z_{t+1}^* = \text{ext } f(z_{t+1}^i),$$

$$z_{t+1}^i \in z_{\text{ту}},$$

где z_{t+1}^i – характеристики внешней среды туристического сервиса в момент $(t + 1)$; M_{t+1} – критерий оптимальности решения (функция качества принятого решения).

Очевидно, что конкретизированные постановки задач транспортного обеспечения туристического сервиса Гомельского региона определяются производственно-технологическими и организационно-функциональными особенностями его объектов.

С учетом вышеприведенной постановки задачи может быть сделан выбор варианта трансфера туристического сервиса для населения Гомельского региона: использование воздушного транспорта, непосредственно вылетающего из аэропорта «Гомель», что при малочисленности пассажиропотока не всегда является рентабельным; использование железной дороги – с учетом завершения строительства железнодорожного участка Смолевичи – Национальный аэропорт «Минск» позволит осуществить доставку авиапассажиров из Гомеля в аэропорт (при условии пополнения организованных групп, вылетающих из Минска чартерными рейсами); использование автобусов для доставки групп туристов по 35–40 чел. в аэропорт и обратно в Гомель, Жлобин, Мозырь, Светлогорск. В данном случае нет необходимости пользоваться услугами российских и украинских авиаперевозчиков (из аэропортов Киева и Москвы).

Выбор варианта трансфера позволит эффективно использовать национальных перевозчиков на всех видах транспорта. При этом появляются новые возможности использования логистики пассажирских перевозок в сфере туризма, который в последние годы занимает значительную долю пассажирских перевозок (до 60 % на различных видах транспорта) по отношению к регулярным перевозкам. По-новому следует рассматривать транспортную логистику туристических услуг с использованием трансферов железнодорожного транспорта для въездного и местного туризма.

Получено 25.09.2016

A. A. Mikhalchenka, T. A. Vlasuk, N. A. Grigorenko. The tourism development of transport logistics service gomel region.

Actual problems of scientific-methodical provision of transport services outbound tourism system in the Gomel region using several modes of transport. We present a new principle of formation of transport provision of outbound tourism, taking into account the highly competitive carriers.

Выводы:

1 Развитие всех форм туризма в Гомельской области за последние 15 лет имеет положительную тенденцию. Из анализа статистических данных можно отметить значительный рост авиаперевозок при обслуживании туристических потребностей населения.

2 За рассматриваемый период изменился статус пассажирской перевозки для потребностей туризма: из квалификации «перевозки любой ценой» сделан переход по качественным параметрам – перевозка должна быть удобной и не создавать дополнительных проблем туристам.

3 Выполнение транспортного обслуживания туристических потребностей населения Гомельской области является высокодоходным видом транспортной деятельности при условии активного взаимодействия причастных видов транспорта.

Список литературы

1 **Аземша, С. А.** Автомобильные перевозки пассажиров и грузов. Практикум : учеб. пособие / С. А. Аземша, С. В. Скирковский, С. В. Сушко ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 205 с.

2 **Виноградова, С. Н.** Транспортное обслуживание : учеб. пособие / С. Н. Виноградова, Н. Г. Петухова. – Минск : Выш. шк., 2003. – 221 с.

3 Основы теории транспортных систем и процессов : учеб. пособие / А. А. Михальченко [и др.] // М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 382 с.

4 **Сурин, А. В.** Инновационный менеджмент : учеб. / А. В. Сурин, О. П. Молчанова. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 368 с.

5 **Власюк, Т. А.** Пригородные пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь (ретроспектива и развитие) / Т. А. Власюк, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 201 с.

ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

УДК 656.224.022.846

С. Д. БЛЯСКИН, младший научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, В. В. БРОНОВ, ведущий инженер по подготовке кадров службы перевозок Белорусской железной дороги, г. Минск

ПРОФЕССИОНАЛЬНО НЕОБХОДИМЫЕ СВОЙСТВА ЛИЧНОСТИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА ЦУП

Проведено анкетирование диспетчерского персонала ЦУП. Выявлены профессионально необходимые свойства личности диспетчерского персонала: внимание, воля, мышление. Предложено разработать и включить в программу технической учебы персонала упражнения, тренирующие выявленные свойства.

Профессиональный уровень и квалификация диспетчерского персонала центра управления перевозками (ЦУП) должны соответствовать обязанностям по управлению эксплуатационной работой. Назначение на должность в ЦУП производится из числа работников, соответствующих требованиям «Квалификационного справочника должностей служащих, занятых на железнодорожном транспорте», утверждаемого постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь.

Квалификационным справочником определены следующие требования к диспетчерскому персоналу: образование, специальность, стаж работы. Других требований при назначении на должность не предусматривается. Работа в должности диспетчера требует наличия особых свойств личности, которые необходимы диспетчерскому персоналу в своей производственной деятельности.

Для успешного выполнения работы, помимо профессиональной подготовки, обеспечивающей оперирование мысленными моделями управляемых систем, необходимы свойства психики, соответствующие требованиям подобной деятельности. К таким свойствам относят умение концентрировать внимание, действовать с необходимой точностью, переключать внимание с одного объекта на другой, действовать быстро, длительно сохранять работоспособность, развитую кратковременную и долговременную память, волевые качества [1].

Техническая учеба, как неотъемлемая часть общей системы профессиональной подготовки кадров, обеспечивает соответствие квалификационного уровня диспетчерского персонала требованиям задач управления перевозочным процессом. Обучение персонала направлено на осознанное соблюдение правил безопасности движения и охраны труда, формирование навыков использования правил безопасности движения и охраны труда в любых условиях, а также навыков использования в работе технических средств [2].

Техническая учеба уделяет недостаточно внимания развитию профессиональных свойств личности, необходимых в производственной деятельности диспетчерского персонала.

Профессионально важные свойства личности (ПВС) – индивидуальные качества субъекта труда, влияющие на

эффективность профессиональной деятельности и успешности ее освоения [3].

Вопрос о необходимости профессиональной психологической подготовки с учетом способностей и особенностей развития свойств личности в психологии труда рассматривался неоднократно с различных позиций. Е. А. Климов и В. С. Мерлин утверждали, что поскольку работники, имеющие разные типологические особенности, показывают одинаковую производительность труда, то нет необходимости проводить отбор. По их мнению, главная задача психологии труда состоит не столько в профессиональном отборе, сколько в том, чтобы путем рационализации обучения устранить сам факт отбора [4].

В. Г. Лоос считает, что каждого можно обучить профессии, при этом остается вопрос достижения степени совершенства человека в профессии; необходимые свойства личности подвержены упражняемости, но до определенного предела. Без профессионального отбора на подготовку человека с недостаточной профессиональной пригодностью затрачивается больше времени и средств [5].

Д. Тифин и Э. Маккормик указывают: «Каким бы ни было влияние упражнения на величину индивидуальных различий, представляется ясным, что обучение редко изменяет относительное положение индивидов в их способности выполнять какую-либо работу. Упражняемость может снизить индивидуальные различия, но не может их снять» [1].

Следует помнить, что работа диспетчера относится к категории профессий, стимулирующих развитие стрессов и эмоциональных перегрузок. Постоянно возникающее напряжение, компенсирующее отсутствие недостаточно выраженных необходимых профессионально значимых свойств, приводит к потере здоровья [6].

Профессиональный отбор необходим для выявления соответствия работника требованиям профессиональной деятельности. Критериями такого соответствия являются наличие у кандидата на должность профессионально важных свойств личности.

Цель исследования – выявление профессионально важных свойств личности (ПВС) работников диспетчерского персонала. Исследование проводилось в рамках разработки технологии эксплуатационной работы ЦУП Белорусской железной дороги.

Выявление профессиональных свойств личности диспетчеров было проведено в три этапа:

- 1) сбор информации о профессиональной деятельности;
- 2) проведение анкетирования диспетчеров;
- 3) обработка и обобщение полученной информации, определение ПВС.

Проведен сбор информации о профессиональной деятельности диспетчеров: уровень образования, специальность; стаж работы в занимаемой должности и общий стаж работы по специальности; объект управления.

Анализ информации о диспетчерах показал, что группа однородна по уровню образования и специальности, но отличается по стажу работы в должности. Объекты управления диспетчеров в исследуемой группе различны, однако выполняемая деятельность и уровень загрузки мало отличаются между собой и при исследовании приняты одинаковыми.

Для выявления ПВС использована методика «Исследование представлений субъекта труда о необходимых для выбранной деятельности свойствах личности (с преобладанием элементов умственного труда)». Методика позволяет выявить представления субъекта труда о значимости индивидуально-психологических свойств и ранжировать свойства по их значимости.

Выявление ПВС основано на заполнении психологической анкеты (приложение 2, вариант 1 [3]) диспетчерами, из числа опытных работников, путем интуитивно-логического анализа различных аспектов профессиональной деятельности на основе собственного опыта.

Предполагается, что диспетчер, хорошо знающий порядок решения профессиональных задач, способен определить, какие индивидуальные свойства способствуют достижению успеха в работе.

Диспетчеры в ходе заполнения анкеты количественно оценивали (от 0 до 2) каждое свойство по степени значимости для эффективного выполнения профессиональной деятельности, ее совершенствования, сохранения профессионального долголетия. На основании результатов экспертной оценки выявлены профессионально важные свойства и требования, предъявляемые к работнику.

Проведено анкетирование 45 поездных диспетчеров ЦУП. Стаж работы в должности от 1 года до 23 лет.

На основании результатов анкетирования признаны значимыми (от 1,6 до 2,0) три свойства личности для качественного выполнения своих должностных обязанностей: внимание, воля, мышление (таблица 1).

Таблица 1 – Профессионально необходимые свойства личности поездных диспетчеров ЦУП

Свойства личности	Средний балл
1 Внимание	1,76
2 Воля	1,65
3 Мышление	1,64
4 Коммуникативность	1,56
5 Наблюдательность	1,52
6 Образность	1,50
7 Память	1,44
8 Эмоциональные свойства	1,41
9 Речевые свойства	1,41
10 Моторика	1,26
11 Сенсорные свойства	1,06

Внимание как важное свойство личности, позволяющее сосредоточиться на деятельности субъекта в данный момент времени на каком-либо объекте [7], состоит из четырех элементов. На рисунке 1 показана значимость элементов внимания по результатам анкетирования диспетчеров.

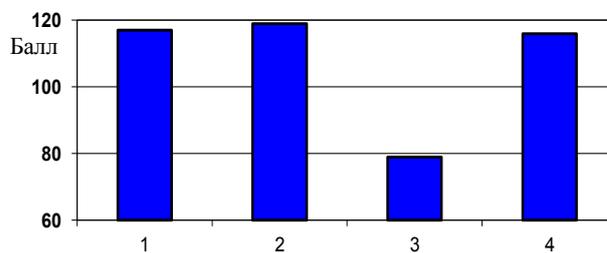


Рисунок 1 – Значимость элементов внимания

1 – длительное сохранение устойчивого внимания при усталости и посторонних раздражителях; 2 – умение распределять внимание при выполнении нескольких задач; 3 – длительное сосредоточение внимания на одном предмете; 4 – быстрота переключения внимания на разные виды деятельности

Одинаково необходимыми в своей деятельности диспетчеры выделили следующие три составляющие:

– *умение распределять внимание при выполнении нескольких задач, действий.* Диспетчер одновременно отслеживает положение нескольких десятков объектов на полигоне управления;

– *способность быстро переключать внимание с одной задачи на другую,* что позволяет диспетчеру управлять движущимися объектами или объектами, которые изменяют свое состояние, и принимать решения в отношении их;

– *во время работы в течение смены у диспетчера появляется усталость, которая влияет как на скорость принимаемых решений, так и на качество этих решений.* *Способность длительное время сохранять устойчивое внимание при усталости и внешних раздражителях* позволяет выполнять свои функции на требуемом уровне.

Воля как способность к выбору цели деятельности и внутренним усилиям, необходимым для её осуществления [8], состоит из 10 элементов. Диспетчеры выделили три значимых элемента (по убыванию):

– *способность брать на себя ответственность в сложных ситуациях.* Диспетчер как руководитель смены единолично принимает решения и несет персональную ответственность за принятые решения и действия подчиненных ему работников;

– диспетчер как руководитель должен *уметь отстаивать свою точку зрения* и аргументированно убедить подчиненного в правоте своих решений;

– *способность объективно оценивать свои достижения, силы и возможности,* которая позволит уберечь от опасных действий или неэффективной работы диспетчера и коллектив.

В то же время наименьшую значимость диспетчеры придали такому элементу воли, как малая внушаемость, способность не поддаваться влиянию, особенно авторитетных лиц. На рисунке 2 приведена значимость элементов воли по результатам анкетирования диспетчеров.

Процесс **мышления**, направленный на переработку информации в познавательной системе человека [9], состоит из 10 элементов (рисунок 3). Диспетчеры выдели-

ли одно важное свойство – умение выбирать из большого объема информации ту, которая необходима для решения данной задачи. Два других свойства отмечены менее значимыми: умение делать вывод из противоречивой информации и принятие правильного решения при недостатке необходимой информации или отсутствии времени на ее осмысливание.

Наименьшую значимость диспетчеры придали свойству аргументировано проводить критический анализ ситуации.

Группа диспетчеров была разделена на три подгруппы по стажу работы в должности. Ранги свойств личности не отличались в подгруппах в зависимости от стажа работы, что говорит об одинаковой значимости выявленных профессиональных свойств для молодых сотрудников и сотрудников со стажем.

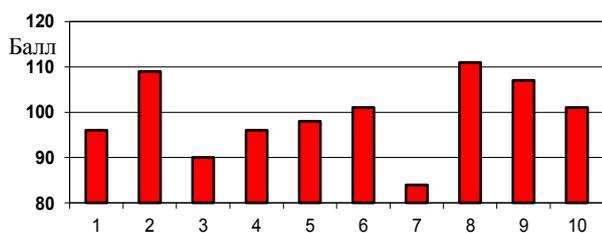


Рисунок 2 – Значимость элементов воли:

1 – умение заставить себя делать неинтересную, но необходимую работу; 2 – умение отстаивать свою точку зрения; 3 – умение в точности исполнять предписания; 4 – длительная умственная работа без снижения качества и темпа; 5 – упорство в преодолении возникающих трудностей; 6 – длительное сохранение высокой активности; 7 – малая внушаемость, способность не поддаваться влиянию, особенно со стороны авторитетных лиц; 8 – способность брать на себя ответственность; 9 – способность объективно оценивать свои достижения, силы и возможности; 10 – сохранение собранности в условиях, стимулирующих возбуждение

Высказано мнение как об обязательной тренировке свойств без профессионального отбора на должность, так и об обязательном профессиональном отборе с последующей подготовкой.

В настоящее время члены коллектива диспетчеров ЦУП наработали необходимые профессиональные психические свойства личности, и проводить профессиональный отбор сложившегося опытного коллектива нецелесообразно. Предлагается проводить тренировку вышеназванных свойств личности, во время профессиональной подготовки. Упражнения, направленные на повышение внимания, воли и мышления следует включить в программу технической учебы, а для отслеживания изменения свойств периодически проводить их контроль.

Для вновь принимаемых на должность диспетчера следует проводить профессиональный психологический отбор и последующую тренировку значимых свойств личности.

Выводы. 1 Анализ результатов анкетирования диспетчеров ЦУП выявил профессионально значимые свойства личности, которыми явились внимание, воля, мышление.

Получено 16.02.2015

S. D. Bliaskin, V. V. Bronov. Professionally necessary personality traits dispatch staff of the CTM.

The questionnaire conducted Supervisory staff of the CTM. Identified professionally necessary properties of the individual Supervisory staff: attention, will, thinking. The proposed programme should include technical training of staff exercises, training of identified properties.

2 Выявленные свойства личности тренируемы посредством специальных упражнений. Целесообразно проведение профессионального психологического отбора на должность диспетчера с последующей тренировкой свойств личности.

3 Полученные результаты свидетельствуют о необходимости разработки программы тренировки профессионально важных свойств личности диспетчеров и включение ее в техническую учебу.

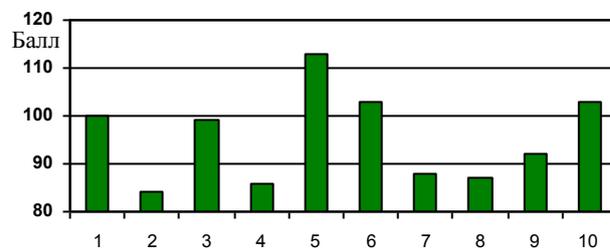


Рисунок 3 – Значимость элементов мышления

1 – способность рассматривать проблему с нескольких различных точек зрения; 2 – аргументированность критического анализа; 3 – способность схватить суть основных взаимосвязей, присущих проблеме; 4 – способность отбросить стандартные решения и искать новые; 5 – умение выбирать из большого объема информации ту, которая необходима для решения данной задачи; 6 – умение делать вывод из противоречивой информации; 7 – интуиция к наличию проблемы там, где кажется, что все уже решено; 8 – способность видеть дальше непосредственно данного и очевидного; 9 – умение определять характер информации, недостающей для принятия решения; 10 – способность принять правильное решение при недостатке информации или времени на ее осмысливание.

Список литературы

- Ильин, Е. П. Дифференциальная психология профессиональной деятельности / Е. П. Ильин. – СПб. : Питер, 2008. – 306 с.
- СТП БЧ 15.089-2014. Порядок организации проведения технической учебы.
- Шадриков, В. П. Новая модель специалиста: инновационная подготовка и компетентный подход / В. П. Шадриков // Высшее образование сегодня. – 2004. – № 8. – С. 26–31.
- Климов, Е. А. Путь в профессию / Е. А. Климов. – Л. : Лениздат, 1974. – 190 с.
- Лоос, В. Г. Промышленная психология / В. Г. Лоос. – Киев : Техника, 1974. – 231 с.
- Фрумкин, А. А. Психологический отбор в профессиональной и образовательной деятельности / А. А. Фрумкин. – СПб. : Питер, 2004. – 226 с.
- Внимание // Философская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.philosophy.dic.academic.ru/dic.nsf/enc/312/внимание>. – Дата доступа : 15.01.2015.
- Воля // Философская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/219/воля. – Дата доступа : 15.01.2015.
- Мышление // Философская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/769/мышление. – Дата доступа : 15.01.2015.
- Маклаков, А. Г. Профессиональный психологический отбор персонала. Теория и практика : учеб. для вузов / А. Г. Маклаков. – СПб. : Питер, 2008. – 480 с.

УДК 355.23:37

А. В. ШИЛОВИЧ, доктор технических наук, Гомельский филиал Международного университета «МИТСО»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК СТУДЕНТОВ

Проанализирована организация проведения производственных практик студентов. Определены общие требования к готовности выпускника вуза решать возлагаемые на него задачи. Рассмотрены вопросы совершенствования организации производственных практик за счет улучшения связей вузов с производственными предприятиями. Предлагаются некоторые рекомендации по улучшению этой деятельности.

Повышение качества подготовки специалистов в высшей школе предусматривает улучшение овладения теоретическими основами и практическими приемами работы в выбранной сфере деятельности. Одной из основных проблем в этом деле является недостаточное знакомство выпускников с особенностями реального производства, понимание его проблем и видение путей улучшения функционирования действующих предприятий. Здесь основным направлением в повышении качества подготовки кадров, способных к успешной деятельности в условиях высокой конкуренции на рынке труда, является интеграция образовательного процесса с практической адаптацией выпускников вузов к условиям производства. В настоящее время это одна из основных задач реформирования высшей школы. Здесь должны быть учтены особенности инновационного развития экономики и социальной сферы. В процессе обучения должна решаться задача формирования у будущих специалистов мотивации к профессиональной деятельности в современных условиях, их готовности к практической работе. Для этого совершенствуется структура специальностей, обновляется содержание подготовки специалистов.

При вариативности заказов на профессиональную подготовку кадров с высшим образованием выделяются общие требования к готовности выпускника: умение работать в группе; способность к сотрудничеству и самообучению; владение инструментарием поиска и обработки информации; умение ставить проблемы и разрабатывать проекты по решению задач; постоянно повышать образовательный и профессиональный уровни на протяжении всей жизни. Сформировать указанные качества невозможно без повышения роли практической и самостоятельной работы студентов в образовательном процессе.

Одним из направлений повышения качества практической подготовки выпускников, интеграции науки, образования и производства является совершенствование производственных практик студентов на предприятиях.

Действующий порядок организации практик имеет ряд недостатков. Одним из них является слишком высокая неопределенность в дальнейшем трудовом использовании выпускника. Наиболее ярко это проявляется при подготовке экономистов без ориентации на конкретные производства. Действительно, экономист для химического производства должен обладать иным набором сопутствующих знаний, нежели экономист для машиностроения или любой иной промышленности.

Имеются в виду знания технологии и организации производства, рынков сырья и реализации готовой продукции и др. Очевидно, закрепление этих знаний на производственных практиках имеет большое значение. Суть проблемы состоит в том, что вузы готовят специалистов общего профиля, которые не имеют возможности, в соответствии с программой подготовки, получить знания в конкретной области деятельности отдельных производств.

В наиболее благоприятном положении находятся ведомственные вузы, где организация практик осуществляется через соответствующие министерства и ведомства. В вузах общегосударственного подчинения студенты нередко сами находят места прохождения практик. Причем приоритеты имеют предприятия, расположенные в зоне постоянного и наиболее комфортного пребывания студента. Это происходит, когда университеты не имеют централизованных договоров с предприятиями на проведение производственных практик. Лишь на крупных производствах, имеющих тесные связи с вузами, этот процесс налажен основательно, хотя интерес предприятий в этом деле в условиях переизбытка лиц с высшим образованием весьма призрачен. В результате производственная практика приобретает формальный характер и является малопродуктивной. Нередко ознакомительная, производственная и преддипломная практики проходят на различных предприятиях. В итоге студент приходит к написанию дипломной работы без четкого понимания поставленной ему цели, технологии и организации производственного процесса. Это затрудняет выработку рекомендаций по совершенствованию производства и завершению дипломной работы.

Исключить указанные недостатки возможно за счет укрепления связей университетов и производства. Примером в проведении таких преобразований может служить опыт БелГУТа. Переход этого учреждения в ведение Министерства транспорта и коммуникаций и создание образовательного комплекса на базе университета и транспортных колледжей республики расширяет реальные возможности в подобном совершенствовании.

Новый подход к организации практик позволит осуществлять качественно новый образовательный процесс, проводить на базовых предприятиях стажировку преподавателей, подготовку студентов в условиях реального производства, начинать адаптацию молодых специалистов к особенностям производства. Ориентация предприятий на сотрудничество с образовательными комплексами позволит обеспечить практическое

изучение технологии и организации конкретных производств, приблизить полученные знания к реальной деятельности предприятий. Здесь заинтересованные студенты получают задания на курсовые и дипломные работы, собирают исходные данные для решения той или иной задачи, защищают свои работы в дискуссиях с представителями производства. Подготовленный в таких условиях специалист имеет реальные возможности влиться в производственный процесс предприятия сразу после получения диплома. Такой подход обеспечивает производство адаптированными к его деятельности кадрами и повышает их ценность для конкретного предприятия.

Невостребованность некоторых профессий связаны с изменениями конъюнктуры рынка и снижением спроса на отдельные виды продукции.

Поэтому решение вопроса занятости связано с анализом уменьшения спроса на конкретные товары, понижением активности отдельных рынков, оценкой перспективы их в будущем.

Выявление таких категорий продукции позволяет установить перечень необходимых для производства профессий и специальностей, проводить их ранжирование по востребованности и организовать соответствующее обучение еще в стенах университета. Кроме того, открытие новых специальностей повышает привлекательность университета, улучшает его экономическую устойчивость.

Получено 02.02.2016

A. V. Shilovich. The improvements of the students practice training ability.

Organization of the students' practice activity has been analyzed. Common requirements to the student concerning the ability to carry out the tasks assigned to them have been determined. The article views the problems of the students' practical training improvement of the connections between universities and industrial enterprises. The recommendations for the improvements have been offered.

Очевидно, эта работа требует глубокого знания рынка и происходящих на нем изменений. Потому вовлекать в этот процесс необходимо подготовленных специалистов, так как ошибки в изменении структуры персонала впоследствии могут потребовать значительных затрат материальных ресурсов и времени для их исправления. Контроль за этой работой должен осуществляться на основе партнерства администрации предприятий и ректората вуза.

Увеличение объемов производства ведет к повышению спроса на работников. Однако требования руководства республики к повышению средней заработной платы сдерживает низкий рост производительности труда. Это связано с тем, что процесс приобретения более производительных орудий труда не имеет достаточной материальной основы. Поэтому указанное повышение оплаты труда должно стать объектом внимания подготавливаемых специалистов. Решение проблемы роста заработной платы в республике возможно лишь за счет увеличения доходов организаций и снижения себестоимости их продукции, отказа от нерациональных трат во всех сферах экономики. Здесь на первый план выступает партнерство вузов и производства. Путь этот очевиден, но методики его реализации на уровне предприятий не всегда бывают согласованными между партнерами. Поэтому дальнейшее повышение качества подготовки кадров напрямую связано с укреплением делового сотрудничества кафедр университетов с предприятиями.

ВЛИЯНИЕ СМИ НА ИЗМЕНЕНИЕ РОЖДАЕМОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В 70-е годы прошлого века в Западной Европе начались изменения в характере формирования семьи: распространение брачных и внебрачных союзов, рост внебрачной рождаемости, увеличение возраста вступления в брак, уменьшение количества детей в семье. Изменение демографических настроений в Европе привело к тому, что суммарный коэффициент рождаемости в среднем по региону уже в середине 70-х годов XX века опустился ниже уровня, необходимого для простого воспроизводства населения. Следует отметить, что начиная с 1970 г. до начала XXI века демографическое развитие Республики Беларусь также характеризовалось тенденцией к устойчивому сокращению естественного прироста населения, существенно изменившей структуру нагрузки на население в трудоспособном возрасте. В связи с этим рассмотрены возможности влияния средств массовой информации на демографическое поведение населения.

Согласно определению российского социолога Ж. Т. Тощенко социальное настроение есть целостная форма жизнеощущения, доминантная форма реально функционирующего общественного сознания и поведения, отражающая уровень, продолжительность и степень эмоционально-рационального восприятия индивидом, социальной группой и населением, различными организациями и институтами социальных установок, целей и интересов, формирующихся под воздействием реальных экономических, политических и духовных процессов [2, с. 32]. По мнению ученого, люди, которые характеризуют или описывают свое настроение по отношению ко всему, что происходит в обществе, не осознавая или частично осознавая всю совокупность происходящих вокруг них процессов, аккумулируют в своем сознании десятки элементов восприятия и суждения о самых разнообразных явлениях и выносят для себя окончательное суждение о процессах, происходящих в обществе. При этом особо следует выделить источник получения информации, который отражает для индивида действительность, исходя из его интересов, целей и идеалов. Поэтому в зависимости от жизненного опыта, характера, пола людей и других факторов наиболее значимой может оказаться различная информация, которая будет формировать социальное настроение и, следовательно, проявлять себя как функциональная единица социального, психосоциального и психосознательного освоения действительности. При этом СМИ, сопровождая человека в течение всей его жизни, в значительной мере влияют на восприятие им информации, разум, чувства людей, их образ мыслей, способы и критерии оценок, а также конкретную мотивацию поведения. Без СМИ (радио, телевидения, газет и т. п.) даже хорошо образованный человек не может правильно ориентироваться в сложных противоречивых социальных процессах, т. к. СМИ ему выйти за узкие рамки непосредственного индивидуального опыта и позволяют расширить кругозор мышления через призму своего собственного видения социальной реальности. Следует отметить, что СМИ не только влияют на оценку политической, экономической и социальной жизни, но и формируют определенные социальные настроения, нередко манипулируя ими. По мнению социолога Т. В. Науменко, «манипулирование в деятельности массовой коммуникации есть способ управления поведением массовой аудитории ... психологическое воздействие, по-разному влияющее как на

отдельных индивидов, так и на различные социальные группы».

Таким образом, можно сделать вывод, что СМИ выполняют как прямые (информационные, культурологические, развлекательные), так и латентные функции, среди которых формирование общественного сознания и социального настроения, что может привести к появлению определенных убеждений, установок и, в конечном итоге, изменить поведение населения.

Рассмотрим на основе контент-анализа освещение проблемы материнства белорусскими СМИ по состоянию на 1 января 2012 года (таблица 1) [11].

Таблица 1 – Наиболее распространенные СМИ Беларуси

Наименование СМИ	Количество изданий и выпусков программ
Печатные СМИ	
СБ. Беларусь сегодня	678 газет и 676 журналов
Республика	
«Комсомольская правда»	
Аргументы и факты	Более 4 тыс
Зарубежные печатные СМИ, в т. ч. из России, Украины, Казахстана, США, Великобритании, Германии, Италии, Франции, Нидерландов, Польши, Литвы, Латвии	
Радио и телевидение	
Радиoproграммы	162
Телепрограммы	81
Общациональные телеканалы («Беларусь 1», «Беларусь 2», «Общациональное телевидение», «Столичное телевидение» и международный спутниковый телеканал «Беларусь-ТВ»)	5
Зарубежные телеканалы, в т. ч. "Euro-news", BBC, "Eurosport"	Более 100

В настоящее время среди белорусских граждан всё более популярным становится получение информации через Интернет. По данным международного агентства Gemius, в декабре 2012 года Интернетом в Беларуси пользовалось более 5 млн человек в возрасте старше 15 лет – уровень проникновения 51 % (исследователи считают интернет-пользователем человека, который хотя бы раз в месяц выходит в Интернет). В рейтинге наиболее посещаемых белорусами (63,43 %), по данным международного агентства Gemius, второе место занимает Mail.ru – крупный коммуникационный портал российского Интернета, который посещают белорусских интернет-пользователей [12]. Проведенный анализ 187

публикаций, размещенных на данном портале в рамках проекта для женщин «Леди» (<http://lady.mail.ru/>) в период с 27.12.2011 г. по 21.09.2012 г. на предмет соответствия желаемым в обществе демографическим установкам, показал, что 34 публикации (18,2 %) так или иначе касались проблем детей и деторождения. В процессе анализа были выявлены публикации, в которых пропагандируются ценности, противоречащие идее многодетности, например: «Европейские женщины становятся главными добытчицами в семье», «У поздних детей больше шансов вырасти здоровыми и счастливыми» (к поздним отнесли детей, матерям которых на момент их рождения исполнилось 40 лет) и т. п.

В таблице 2 приведены статьи СМИ, способствующие популяризации малодетности.

Таблица 1 – Краткая характеристика публикаций о малодетности

Наименование статьи	Аннотация
Вытаскиваем себя из стресса	Надежные гормональные контрацептивы рассматриваются как одно из средств от стресса, позволяющих контролировать рождаемость и повысить качество жизни
Для чего нам деньги?	Приобретение надежных контрацептивов – одно из направлений обязательной траты денег
Предприятия с женщиной-руководителем более успешны	Рассмотрение факторов, мешающих карьерному росту женщины, среди которых наличие детей и необходимость заботы о них
Как преодолеть детскую агрессию?	Акцентирование внимания читателей на агрессивность ребенка после рождения младшего брата или сестры
Как вырастить ребенка за рубежом?	Выражение личностного отношения автора статьи к детям, которое обозначается, как крайне настороженное
Все больше женщин рожают первенца после 40 лет	Акцентирование внимания женщин на рождение первого ребенка после 40 лет
Женская формула счастья	О применении женщинами контрацепции
Европейцы больше не боятся одиночества	Предложение для людей среднего возраста не иметь семьи и жить в гордом одиночестве, т. к. с увеличением доли одиночек в обществе можно ожидать повышения активности в социальной сфере или расцвета искусств
Как приучить ребенка к порядку?	Ребенок – это проблема или обуза для родителей
Треть женщин старается угодить капризным детям и мужу	
Отдыхаем от детей: какой лагерь выбрать?	
Как решиться на ребенка	
Комплексы работающих мам	Пропагандирование малодетности, и призыв матерей к скорому выходу на работу
Как не сойти с ума в декрете	Публикация о 30-летней молодой маме, ожидавшей от декретного отпуска отдыха и покоя и пришедшей в ужас от непрерывного общения с ребенком

Окончание таблицы 1

Наименование статьи	Аннотация
Учимся быть счастливыми	Сравнение автором представлений о женщине-матери сегодня и 20–30 лет назад: «Лет 20–30 назад карьеристки вроде Людмилы Прокофьевны из «Служебного романа» считались жалкими неудачницами. Сейчас неудачницами считают многодетных мам и домохозяек»

Следует отметить, что на всех семейных фотографиях рассматриваемых публикаций изображены максимум двое детей, а чаще один ребенок или ребенок и собака. Как видно из проведенного анализа, на достаточно популярном сайте фактически пропагандируется малодетность как норма жизни, которой должны придерживаться женщины.

К публикациям, способствующим популяризации многодетности, с большой долей условности можно отнести статьи, в которых дети упоминаются во множественном числе без негативного подтекста, причем нигде не указано, что их может быть более двух («Шесть вещей, которые нельзя делать с ребенком»; «Знакомься, новый папа»; «Творчество с детьми»; «Учим английский язык с детьми»; «Как встречать Новый год с детьми?»; «Необычные изобретения для мам и малышек»). К данной категории были также отнесены публикации, связанные с популяризацией идеи материнства вообще: «Оформляем детскую»; «Реклама, которая делает нас добрее» (имеется в виду социальная реклама «Спасибо, мама!»).

Таким образом, рассмотрение демографического настроения как отдельного вида социального настроения, является целесообразным и требует изучения, что подтверждает актуальность исследования. Отметим, что среди исследователей нет еще единого мнения о причинах второго демографического перехода, который характерен для настоящего времени. При этом преобладает точка зрения, что он является следствием широкого развития индивидуалистически ориентированной системы ценностей и соответствующем изменении норм поведения, в том числе и демографического. Всё более значимыми становятся идеи личностной автономии и самовыражения, часто не совместимые не только с многодетностью, но и с деторождением вообще. Данные обзора, проводимого Евробарометром в 2002 году, показывают, что в некоторых странах Западной Европы (особенно в Австрии, Германии и Нидерландах) бездетность превращается в идеальный стиль жизни. В этих странах более чем одна из десяти молодых женщин (в возрасте от 18 до 34 лет) признала идеальным количеством детей «ни одного» [3, с. 5].

Вместе с тем рядом стран Северной и Западной Европы удалось в последние годы добиться некоторого роста рождаемости. Возможно, что, по крайней мере частично, это вызвано активной демографической политикой в ряде европейских стран. Однако о существенных изменениях в демографических настроениях населения этих стран говорить рано, поскольку неясно, будут ли данные положительные изменения иметь продолжение в долгосрочной перспективе.

Проведенный в 2004 г. в Минске социологический опрос 1445 студентов из 15 вузов показал, что почти две трети респондентов (63,9 %) хотели бы иметь двоих детей, 19 % – одного ребенка, 13,3 % – троих детей, 2,8 % – четверых и более и только около 1 % опрошенных заявили о нежелании иметь детей вообще [4, с. 126]. Ре-

зультаты данного, а также других аналогичных социологических опросов показали, что в демографическом настроении населения Республики Беларусь преобладает настроенность на деторождение. Однако при этом нетрудно установить, что даже при реализации в полном объеме планов по деторождению населения Беларуси суммарный коэффициент рождаемости не достигает уровня, необходимого для простого воспроизводства населения и который с конца 1960-х гг. имел общую тенденцию к сокращению. Благодаря активной демографической политике, проводимой в стране, удалось изменить ситуацию с середины 1980-х годов. При этом в соответствии с общемировым направлением демографического развития в Республике Беларусь начиная с 60-х годов XX века, в общем количестве населения сокращается доля лиц в возрасте, моложе трудоспособного, а также их количество в абсолютном значении, доля лиц, старше трудоспособного возраста, увеличивается.

На совпадение демографических процессов в Республике Беларусь с общемировыми тенденциями указывают также и некоторые другие критерии. Так, начиная с 1995 года средний возраст женщины при вступлении в первый брак и при рождении ребенка, в том числе первого, увеличивается. При этом начиная с 1990-х годов и до 2005 года количество детей, рожденных вне брака, растет, увеличивается также и их доля в общем количестве рожденных детей. Необходимо отметить, что начиная с 2005 года количество детей, рожденных вне брака, а также их доля в общем количестве рожденных детей снижается. Это происходит на фоне увеличения рождаемости в целом [5–9].

Согласно Национальной программе демографической безопасности Республики Беларусь на 2011–2015 годы средства массовой информации являются одним из важнейших инструментов воздействия на демографическую ситуацию в стране, позволяющим напрямую формировать массовое сознание населения.

Возможность влияния СМИ на общественное сознание через создание определенных общественных настроений изучалась многими учеными-социологами. Так, в 20–30-е годы XX века СМИ наделялись почти безграничным влиянием на общество. В 40–50-е годы XX века представления о всемогущем влиянии СМИ кардинально изменились. Приоритет во влиянии на общественное сознание начал отдаваться другим социальным институтам (семье, церкви, политическим партиям и т. д.). В период с 60-х годов XX века по настоящее время роль института СМИ снова начала оцениваться очень высоко, но с учетом новых реалий. Например, канадский ученый М. Маклюэн отмечает, что восприятие аудиторией информации зависит, прежде всего, от средства ее передачи. Приоритетную роль при этом он отводит телевидению, посредством которого можно добиться глобального управления социокультурными процессами [10, с. 25].

Получено 10.10.2016

Y. V. Yanchitskaya. Influence of media on changes in fertility in Belarus.

In the 70-ies of the last century in Western Europe started to change in the character of the formation of a family: distributing to the marital and non-marital unions, the increase in illegitimate births, increasing age of marriage, reducing the number of children in the family. The demographic change in sentiment in Europe has led to the fact that the total fertility rate on average for the region already in the mid 70-ies fell below the level required for simple reproduction of the population. It should be noted that since 1970 the twentieth century to the early twenty-first century, the demographic development of the Republic of Belarus was also marked by the unfavourable trend of a steady reduction in natural population growth, which significantly changed the structure of the burden on the population of working age. In this regard, the possibilities of the influence of the media on the demographic behavior of the population.

Контент-анализ освещения проблемы материнства белорусской прессой показал, что журналисты достаточно часто обращаются к данной тематике. Так, в трех выборочных номерах газеты «Минский курьер» (за один квартал) слово «материнство» и производные от него были использованы журналистами 61 раз в различных ракурсах: от матери-героини, приемной матери до матери-отказницы. Анализ текстов по этой же тематике, размещенных в газете «Советская Белоруссия» свидетельствует о позитивной (в целом) тональности освещения данной проблемы. В пяти выбранных для анализа номерах было размещено 6 текстов, так или иначе затрагивающих проблемы материнства и детства [10, с. 22].

Представляется очевидным, что сила СМИ оказывается достаточно весомой, чтобы манипулировать общественным сознанием, создавая необходимое общественное настроение как негативное, так и позитивное.

Однако и здесь имеются свои непредвиденные, побочные результаты. Чрезмерное увлечение пропагандой не проходит бесследно для социального настроения людей, у них появляется эффект отторжения той информации, которая часто даже на уровне интуиции воспринимаются как заданная, небеспристрастная, далекая от объективной реальности и распространяемая в интересах отдельных социальных групп.

Список литературы

- 1 **Злотников, А. Г.** Современная демографическая политика Беларуси / А. Г. Злотников, А. А. Раков // Социология. – 2010. – № 3 – С. 116–128.
- 2 **Тощенко, Ж. Т.** Социальное настроение – феномен современной социологической теории и практики / Ж. Т. Тощенко // Социологические исследования. – 1998. – № 1. – С. 21–34.
- 3 **Botev, N.** Европа в ловушке низкой рождаемости? / N. Botev // Европейский журнал по сексуальному и репродуктивному здоровью. – 2006. – № 63.
- 4 **Бабосов, Е. М.** Беларусь перед демографическими вызовами XXI века / Е. М. Бабосов // Социология. – 2007. – № 3. – С. 121–129.
- 5 **Население СССР.** – М. : Государственное издательство политической литературы. – 1961.
- 6 **Население СССР : справочник.** – М. : Издательство политической литературы, 1974.
- 7 **Численность и состав населения СССР: по данным переписи населения 1979 г.** – М. : Финансы и статистика, 1984.
- 8 **Население СССР: по данным Всесоюзной переписи населения 1989 г.** – М. : Финансы и статистика. 1990.
- 9 **Население Республики Беларусь: стат. сб.** – Минск, 1999–2014.
- 10 **Баранова, Е. В.** Социология массовой коммуникации : учеб. пособие / Е. В. Баранова. – Минск : Выш. шк., 2012. – 174 с.
- 11 **Средства массовой информации в Республике Беларусь // Belarus.by : офиц. сайт Республики Беларусь [Электронный ресурс].** – Режим доступа : <http://www.belarus.by/ru/about-belarus/mass-media-in-belarus>. – Дата доступа : 21.09.2012.
- 12 **Gemius опубликовал топ-20 сайтов Байдета по охвату аудитории [Электронный ресурс].** – Режим доступа: <http://electroname.com/story/10386>. – Дата доступа: 21.09.2012.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА

УДК 332.824.6

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Ю. С. ГОРЕВАЯ, магистр исторических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОБРАЗОВАНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДОТРАСЛИ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Рассмотрено образование и становление транспортной подотрасли – одной из основных подотраслей системы городского жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) г. Минска.

Введение. Городское хозяйство, или городское устройство, как сфера особой деятельности на протяжении истории именовалось по-разному: «благочиние», «благосостояние», «благоустройство», «городское дело», «коммунальное хозяйство», «коммунальное дело», «градостроительство» и «жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ)». Это разные названия одной и той же деятельности, но в разных исторических условиях, определяемых господствующей формой собственности.

Первыми подотраслями ЖКХ были жилищное хозяйство, водоснабжение, канализация, городской транспорт и др. С течением времени некоторые подотрасли объединялись, появлялись новые. Образовалась система ЖКХ. Естественно, что рождение и становление системы ЖКХ (как и сегодняшнее ее развитие) происходило, прежде всего, в крупных городах, что и предопределило ее как систему городского ЖКХ.

Сегодня ЖКХ представляет собой отрасль сферы услуг и важнейшую часть территориальной инфраструктуры, определяющую условия жизнедеятельности человека, прежде всего комфортности жилища, его инженерное благоустройство, качество и надежность услуг транспорта, связи, бытовых и других услуг, от которых зависит состояние здоровья, качество жизни и социальный климат в населенных пунктах.

Все мы так или иначе являемся частью системы ЖКХ, что определяет не только необходимость владения знаниями в области услуг, тарифов и т. д., но и заинтересованность в истории создания и становления системы жилищно-коммунального хозяйства.

Особый интерес вызывает история транспортной подотрасли системы ЖКХ как части транспортной системы страны.

Основная часть. Образование и становление транспортной подотрасли системы ЖКХ происходило прежде всего в крупных городах дореволюционной России, к числу которых относился и Минск, уже с 1825 г. насчитывавший около 26 тысяч жителей, а к 1917 г. ставший самым крупным городом на территории современной Беларуси с населением 134,5 тысяч человек.

Город быстро рос и территориально, что значительно усложняло доставку жителей до адресов и определяло острую необходимость обеспечения населения транспортным обслуживанием.

Основными видами транспорта дореволюционного Минска стали извоз и конка.

Извозное дело. «Правила об извозном промысле въ г. Минске» были утверждены в 1870 г., они из года в год печатались в «Памятных книжках Минской губер-

нии». Желавшие заниматься извозом в Минске должны были получить свидетельство полиции о благонадежности и ежегодно платить в пользу города специальный налог.

В соответствии с обязательным постановлением городской Думы 1891 г. в Минске к работе в качестве извозчиков допускались лица не моложе 18 лет, доброго поведения, честные, трезвые и здоровые. Извозчик должен быть одет в чистую форменную одежду с соответствующей времени года шапкой или капюшоном. Вещи, забытые в экипаже, возвращались пассажиру или сдавались в ближайший полицейский участок. Извозчик на стоянке не имел права отказаться от поездки по городу или к вокзалу. Запрещалось требовать плату более чем по таксе.

Всего в Минске извозом занималось в 1889 г. 527 человек, в 1904 г. – 971, в 1914 г. – около 2 тысяч.

Извозчиками работали как горожане, так и крестьяне, приезжавшие из пригородных деревень на сезонные заработки, обычно зимой (рисунки 1 и 2).

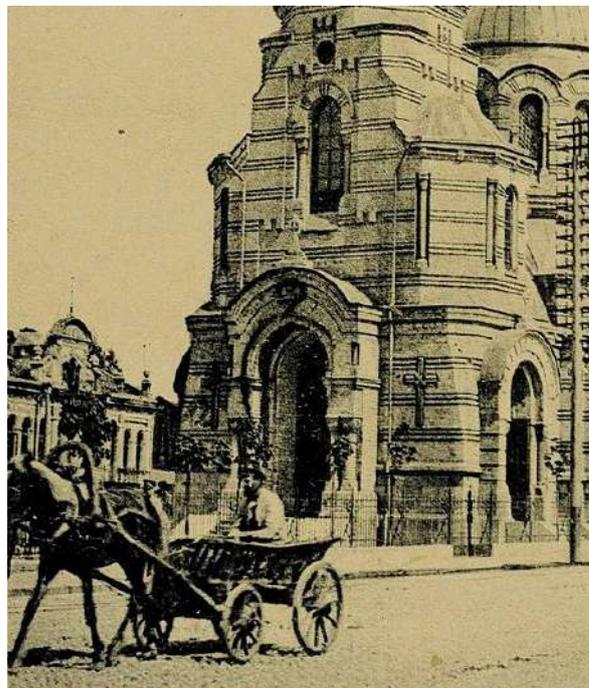


Рисунок 1 – По дороге с Захарьевской на Ново-Московскую

Извозчики делились на две категории: легковых и ломовых. Ломовики были аналогом современного грузового такси.



Рисунок 2 – Извозчик на Подгорной

В осенне-зимний период они чаще всего были задействованы на развозе дров, а летом – на перевозке мебели и стройматериалов. За отдельную плату могли переквалифицироваться в грузчиков.

Легковой извоз был прибыльнее и почетнее. Сотысячный Минск в начале прошлого века обслуживали около 500 только зарегистрированных легковых извозчиков. Всего было в среднем 7 возниц на тысячу горожан. Такое соотношение характерно для большинства городов Российской империи. Дважды в год все извозчики обязаны были проходить техосмотр. Специальная комиссия осматривала их повозки, сбрую, обмундирование и лошадей. После уплаты сбора и одобрительного заключения комиссии им выдавали разрешение на извозный промысел и специальные номера.

Среди работников легкового извоза установилась своя специфическая иерархия. Например, самые состоятельные возницы, обслуживавшие только богатых горожан, назывались лихачами. Привилегированные работники стремились заполучить номера первой сотни. Их повозки были ярко разрисованы, чисто убраны, а лошади ухожены. Лихачи всегда стояли первыми в очереди. Городовые, следившие за порядком у театров, зорко наблюдали за тем, чтобы богатые господа после спектакля имели возможность воспользоваться ухоженным транспортом. Обладателям номеров от второй сотни оставалось лишь ждать, пока разъедется публика на лихачах. О том, чтобы перехватить богатого клиента, нечего было и думать: тут как тут появлялся задобренный рублем городской и кнутом прогонял прочь с хлебного места.

Извозчики второго разряда в основном обслуживали средний класс и небогатых гостей города. Они были завсегдастыми стоянок у вокзалов и на центральных улицах города. По правилам, экипажи подавались в порядке очереди. Второй разряд в отличие от лихачей, трудился от рассвета до глубокой ночи.

Низшим классом конного извоза были герцуки. Большинство из них – приехавшие на заработки крестьяне, чьи повозки годились для перевозки пассажиров. Они обслуживали все категории горожан, часто соглашаясь даже на сумму, меньшую установленного управой тарифа.

Однодневный заработок легковых извозчиков первого и второго разрядов иногда поднимался до

3 рублей. Гарцуки, а также ломовые зарабатывали меньше. Они всегда находились на грани разорения. Прокормить себя, семью и лошадь, обновить сбрую, экипаж было для третьеразрядного извозчика непросто. Дорожали продукты питания и фураж, обострялась борьба за пассажиров. Приходилось за долги продавать и лошадь, и пролетку, а самому наниматься к извозопромышленникам.

Хозяева выдавали экипаж, ливрею и рубль в неделю или же устанавливали норму выручки в 2 рубля 50 копеек в день, отдавали остаток, если он оказывался, в качестве заработной платы. Так извозчики из мелких собственников превращались в наемных рабочих.

Извозничья биржа находилась на южной стороне Соборной площади, на углу сквера, напротив здания Северного банка и гостиницы «Европа» (рисунок 3).



Рисунок 3 – Извозничья биржа на Соборной площади

Неподалёку находился и Купеческий клуб. Ещё одна стоянка извозчиков в конце XIX – начале XX вв. находилась у входа в сквер со стороны пересечения Захарьевской и Петропавловской улиц.

Сами извозчики жили, в основном, на улице Ново-Московской. Положение «водителей кобыл» было незавидным: им часто недоплачивали, а порой их клиенты попросту сбегали. За малейшее подозрение в «неаккуратности» извозничьих лошадей забирали и держали на пожарном дворе. О бесправии извозчиков говорит тот факт, что они по первому требованию полиции отвозили в больницу заболевших, а в часть – пьяных, подкидышей, проституток. Разумеется, что денег за это никто не платил. Безвозмездными были и вынужденные поездки на пожары.

Не обходилось извозничье дело и без жесткой внутренней конкуренции. «Блатные» были в особо прибыльных местах. В Минске таким золотым дном были оба вокзала. Их держала в цепких руках группа извозчиков, нашедших общий язык с полицией. Стражи порядка отгоняли «посторонних», иногда применяя шашки.

Трудности создавали и минские улицы. Вот что писали «Минские губернские ведомости» в июне 1912 г.: «Улицы Минска представляют из себя сплошные выбоины и ухабы, сильно затрудняющие езду. Особенно тяжело приходится извозчикам, перевозящим разного рода тяжести. Лошадям таких извозчиков не под силу вести тяжелый воз, нагруженный кладью. Бедные животные падают от усталости под брань и побои возниц. Пожалейте лошадей!»

Конка. Городской транспорт общего пользования существовал еще в первой половине XIX в. Омнибус – многоместный конный экипаж с империалом – открытой площадкой и сиденьями наверху, на крыше кареты. Со временем улучшилась ходовая часть конных экипажей: усовершенствовались рессоры, тормозные устройства, поворотные механизмы. Обычные колеса заменили колесами с ребордами, и усилиями запряженных лошадей омнибус покатыл по рельсам городских железных дорог – так родилась конка.

В конце XIX в. Минск начал активно развиваться. К 1897 г. Минск насчитывал около 91 тысячи жителей, а его территория увеличилась по сравнению с 60-ми годами XIX в. в 14 раз. Потребность минчан в передвижении все возрастала. Назрела необходимость в общедоступном транспорте. 4 ноября 1886 г. петербургский инженер, статский советник Андрей Горчаков подал минскому городскому голове заявление об устройстве в городе конно-железнодорожной дороги.

Рассмотрев прошение, хозяйственная комиссия городской Думы признала, что устройство такой дороги будет полезно Минску. «Приступить к исполнению договора немедленно» – такое поручение в самом начале 1886 г. минский городской голова дал статскому советнику, инженеру Андрею Горчакову. Как писал «Минский курьер», Горчаков предлагал построить четыре линии конки, которые должны были соединить центр города с железнодорожными вокзалами.

После всестороннего изучения договор на строительство и эксплуатацию конно-железнодорожной дороги в Минске был подписан городским головой 6 ноября 1887 г. Предприниматель обязался построить за свой счет три линии конки в Минске общей протяженностью 3310 саженей (около 7 км), а также провести реконструкцию улиц, по которым должны быть уложены рельсы. Например, расширить проезжую часть Московской улицы на 2 м и замостить ее по всей длине. Кроме того, он должен был содержать в исправности и очищать полосу мостовой в 60 см по обе стороны от рельсов на Захарьевской и Губернаторской улицах.

Для обеспечения финансовой стороны дела Горчаков обратился в Министерство внутренних дел с просьбой разрешить образовать «Русское общество городских и пригородных конно-железных дорог». Одним из основных его дольщиков стал крупный банкир с белорусскими корнями Лазарь Поляков. Срок концессии – монопольного права хозяев конки на перевозки пассажиров губернского Минска – определили в 50 лет. И только через 25 лет городу предоставлялось право выкупить конку у ее владельцев. Чувствуя, что с прибыльным проектом всё же придется расстаться, акционеры потеряли интерес к его развитию. А тут еще служащие начали устраивать забастовки. В чем-то приходилось идти им навстречу, что предполагало дополнительные расходы.

30 марта 1888 г. контракт был окончательно утвержден. И летом 1888 г. приступили к работам – расширению и реконструкции улицы Московской, других участков. Проектом предусматривалось проложить восемь верст рельсового пути. Официальное открытие полного комплекса состоялось в 1892 г. Со стороны вокзала в сторону улицы Захарьевской ровной лентой выстроились вагоны. По всему пути до самой Соборной

площади стояли несметные толпы народа. Кучера сдерживали лошадей, норовивших двинуться по необычной дорожке. Торжества открыл минский губернатор. Он пожелал городской Думе «и впредь не прекращать своей полезной работы, и чтобы периоды бездействий не имели бы места». Слово взял Косич – командир 4-го армейского корпуса. Вспомнил, в частности, свое пребывание в Брюсселе: «Этот город кружев и цветов, этот дамский город представляет в своей старинной центральной части узкие тесные улицы и много санитарных зон. Но зато как хороши его предместья, его Faubourgs, которые разрослись и расширились вокруг центра благодаря именно конке. Я надеюсь, что этот же процесс расширения и укрепления выпадет на долю Минска, и важнейшую роль в этом процессе будет играть конка, а затем и электрический трамвай...». Слова оказались пророческими.

Изящные вагоны (на 25 сидячих мест), быстро двигавшиеся по относительно узким улицам, постоянный звон колокольчиков как-то взбудоражили пешеходов, «заставили пульс городской жизни биться энергичнее» – подчеркивал в своем выступлении граф Чапский. На следующий день «Виленский вестник» восклицал: «Ну и чествуют же жители Минска свою конку! Весь вчерашний день по улицам, где проходит конка, народ не расходился до позднего вечера».

Вагон конки тянули по рельсам 2–3 лошади со скоростью 5 км в час. Двигалась конка с большим шумом, кучер беспрестанно звонил в колокол и покрикивал на зазевавшихся прохожих. Но минчанам полюбился этот транспорт – им пользовались чиновники и мелкие торговцы, гимназисты и военные, рабочие и ремесленники. Кроме общедоступной цены, пассажиров привлекала и возможность остановить конку в любом месте, чтобы просто пройтись или поговорить со встретившимся на улице знакомым.

За первые дни работы конка перевезла около 20 тысяч пассажиров, или пятую часть городского населения.

Минская конка была отображена в Таблице данных Парижской всемирной выставки 1900 г.

Поначалу в Минске планировались три линии конки. Но к ее открытию проложили лишь две. Первая, Вокзальная, связывала Брестский и Виленский вокзалы по улицам Московской и Бобруйской. Вторая, Главная, шла от Виленского вокзала до Соборной площади по улицам Петербургской, Коломенской, Захарьевской, Губернаторской, позже стала доходить до Нижнего рынка, а еще позже пролегла до пивоваренного завода на Сторожевке. Был и пересадочный отрезок. Со временем, в 1895 г., конка по мосту возле Нижнего рынка перешагнула Свислочь. А еще через три года появилась новая, Немиго-Захарьевская линия. Общая длина рельсов составила 7,3 версты (около 8 км).

Фрагменты конки представлены на рисунках 4–6.

Городские земли под пути, а также пассажирские павильоны предоставлялись владельцам конки безвозмездно. Вести переустройство улиц они обязывались, «не повреждая вообще сооружений городских, казенных, а равно принадлежащих частным лицам». Широко использовался одноколейный путь, а стрелки на разъездах переставлялись кондуктором или специально приравненным рабочим.



Рисунок 4 – Конка на Губернаторской улице



Рисунок 5 – Конка на Захарьевской улице

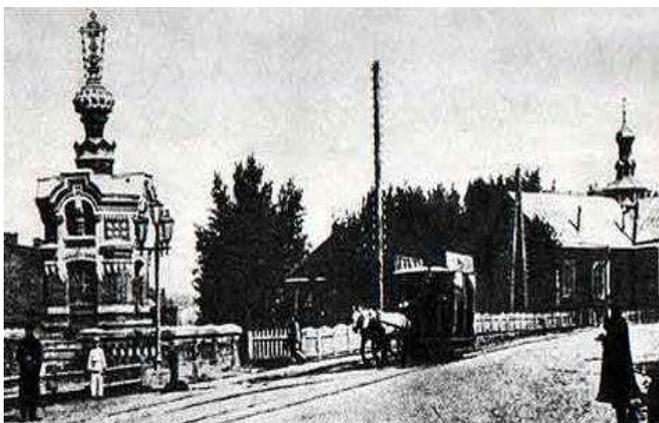


Рисунок 6 – Конка в районе Западного моста

Кучеров снабжали свистком или трубой, также к вагону прикреплялся колокол для предупреждающих сигналов. Форму одежды кучеров и кондукторов утверждала городская управа. За работой кондукторов на линии и регулярностью движения вагонов следили контролеры. До 1910 г. существовало правило для низших чинов «козырять» при встрече с начальством.

В 1897 г. эксплуатировалось 14 закрытых («зимних») и 8 «летних» вагонов Мытищенского, Коломенского и Балтийского заводов, фабрики Якобсона. По Захарьевской улице ходили пароконные вагоны, на остальных линиях – одноконные. В те годы было около 90 лошадей. К 1912 г. количество вагонов увеличилось до 31 (14 «летних»), а лошадей – до 95. Раздача корма для них (20 фунтов овса, 20 фунтов сена, около 4 фунтов соломы) совершалась три раза в сутки. На пересадочных и остановочных пунктах устраивались павильоны, а в ме-

стах пересечения линий – отапливаемые будки для обогрева кучеров и кондукторов. Здесь же размещался навес для лошадей. В 1909 г. остановочные и пересадочные места, конечные станции конки начали дезинфицировать.

Плата за проезд определялась в зависимости от маршрута и расстояния и отличалась сравнительно дешевой – 3–4 копейки до 1896 г. и 5–6 копеек в последующий предвоенный период. Сравним с таксой для извозчиков, утвержденной городским управлением: в 1905 г. за проезд в центре города надо было платить 15 копеек, от центра до Виленского вокзала – 30, а от Комаровки до Брестского вокзала – 55, т. е. примерно столько, сколько получал за день черноработчий. Выезд за пределы города оплачивался по соглашению. Не случайно, предчувствуя серьезную конкуренцию, извозчики встретили появление конки крайне враждебно и даже, по свидетельству старожилов, однажды перевернули вагончик. Владельцы же конки ставили задачу перед своими служащими не допустить ни одного случая неоплаченного проезда. За безбилетный проезд пассажира кондуктор мог быть уволен со службы.

Чины полиции пользовались даровым проездом на передней площадке вагона. За детей младше пяти лет плата также не взималась. Городская управа находила целесообразным обеспечить бесплатными билетами монтеров водопроводно-электрической станции. Управление конно-железнодорожной дороги со своей стороны также выдавало некоторым лицам жетоны на право бесплатного проезда. С передачей в 1913 г. конки в ведение города был введен льготный проезд для учащихся.

Владельцы домов, расположенных вдоль строящихся линий дороги, порой относились к новому виду транспорта враждебно – в городскую управу поступали заявления с претензиями. А ведь 10 мая 1892 г. открытие конки горожане встречали восторженно: «Куски ленты буквально были расхищены публикой на память о таком торжестве», «Торжественный выезд производил чрезвычайный эффект». Впоследствии уже сами владельцы конки предъявляли судебные иски к ряду домовладельцев по вопросам содержания и уборки проезжей части мостовых, на которых были уложены коночные рельсы.

Через три месяца эксплуатации конки, ввиду часто повторяющихся недоразумений между пассажирами и поездной прислужкой (даже напоминание кондуктором об оплате проезда воспринималось отдельными лицами как обидное замечание), по примеру Московской и Петербургской конно-железнодорожных дорог каждый вагон снабдили ящиком для заявлений. Пассажиры жаловались на медлительность, тесноту, курение в вагонах.

Движение экипажей конки в расположенном на холмах Минске представляло определенные сложности. Так, для подъема на Соборную площадь или в сторону Троицкой горы на Торговой улице впрягали дополнительных лошадей. Если же это не помогало, пассажиры выскакивали на ходу и, преодолев подъем пешком, занимали свои места. При ширине колеи в 1 м вагоны не отличались устойчивостью, порой сходили с рельсов, особенно в половодье и после ливней, когда полотно затопливалось.

Происходили и несчастные случаи, за что жители окрестили дорогу «костоломкой». Один из пострадав-

ших жаловался в городскую управу, что «был переехан вагоном Минской конно-железной дороги», и просил пособие за увечье правой ноги. Ответ последовал такой: «Общество обязано уплачивать 50 рублей за увечье, последовавшее от неисправного содержания подвижного состава, но так как в указанный день неисправность подвижного состава не имела места, просьба удовлетворению не подлежит».

Однако всё это не обескураживало минчан: конка оставалась популярной, ведь проезд был недорогой, и ее можно было остановить в любом месте (кроме стрелок и подъемов) – обязательные места стоянок появились только в 1904 г. Работала конка примерно с 8 часов утра до 10 часов вечера, порой и позже, подвозя припозднившихся горожан.

Газеты того времени писали, что конка в условиях городского бездорожья имеет ряд преимуществ перед извозным транспортом: в 8–10 раз увеличивается число перевозимой публики, во много раз возрастают скорость и регулярность движения.

Число перевозимых пассажиров росло из года в год: 1376 тысяч – в 1903 г., 1608 тысяч – в 1912 г., 1863 тысячи – в 1914 г. Конно-железная дорога стала общедоступным транспортом. Им пользовались чиновники и мелкие торговцы, гимназисты и военнослужащие, рабочие и ремесленники.

Конно-железная дорога представляла собой довольно сложное хозяйство. Между Петербургской и Базарной улицами, около скотопригонного двора находились ее управление и вагонный парк. Там были конюшни, сараи, кузница, казармы для конюхов, магазин.

Конка приносила акционерному обществу надежные и немалые прибыли. В 1897 г. доходы превысили расходы на 14 процентов, в 1903 г. – на 21 процент. Таких высоких показателей не имело ни одно промышленное предприятие Минска. Вложение капиталов в городской транспорт было выгодным делом.

Высокие доходы достигались в значительной мере за счет эксплуатации служащих. В 1905 г. штат их составлял 60 человек. Кондукторы и кучера, находясь на работе от темна до темна и часто без перерыва на обед, получали за свой труд меньше чернорабочего. Только заработок контролеров был несколько выше. Подростки, работавшие форейторами, получали в 2 раза меньше взрослых. Немудрено, что в среде служащих зрело недовольство администрацией. В апреле 1893 г. на конке состоялась первая забастовка, окончившаяся поражением трудящихся. Одиннадцать кучеров были уволены, так и не добившись повышения зарплаты и получения летней одежды.

4 июня 1905 г. служащие конки забастовали снова. При поддержке местной группы РСДРП они смогли выдвинуть обширные требования: 8-часовой рабочий день, прибавка по 1 рублю за каждый год службы, полная двухнедельная выплата жалованья в случае болезни, оказание бесплатной медицинской помощи, отмена всех штрафов, полный праздничный отдых на Пасху, Рождество и Новый год, полная выплата жалованья за время забастовки и гарантия, что никто не пострадает за участие в ней. Акционерное общество несло убытки – управа высчитывала за простой по 25 рублей в сутки, и 20 июня предприниматели уступили, почти все требования были удовлетворены. Однако 2 октября была организована но-

вая забастовка. Началась она из-за того, что управляющий конкой Морозов в нарушение достигнутых соглашений не выдал зимнюю одежду. Когда же служащие стали требовать, вызвал полицию. Городское управление решило выступить посредником. Выработав условия соглашения с забастовщиками, оно стало угрожать расторжением концессионного договора в случае их неприятия. Но Морозов отверг посредничество города.

Удовлетворение требований служащих было связано с дополнительными расходами приблизительно в 5 тысяч рублей. Это большая сумма, но она не разоряла акционеров, как это пытался представить управляющий. В 1906 г. даже с учетом покрытия расходов предыдущего года чистая прибыль составила 7,3 тысячи рублей.

Управление объявило о закрытии конки, забастовщиков не допустили в парк, охранявшийся полицией. 15 ноября с новым штатом была предпринята попытка возобновить движение. Но городская группа РСДРП призвала к бойкоту конки, и минчане поддержали этот призыв. Вагоны шли почти пустыми. На следующий день бастующим удалось разогнать штрейкбрехеров. Горожане же демонстративно шли пешком, игнорируя бегущие по городу пустые вагончики, в поддержку бастующих. Пришлось хозяевам пойти на уступки. Движение возобновилось 5 декабря с прежним составом служащих.

События 1905 г. показали, что городское управление решительно искало повод для отказа от услуг концессионеров. Несмотря на высокую доходность конки, в городскую кассу поступали буквально крохи. В первые годы это были оговоренные контрактом 300 рублей, в 1908 г. – 447 рублей.

Начиная с 1899 г. городское управление вело тайную и явную борьбу за обладание конкой. Для досрочного выкупа не доставало ни средств, ни согласия владельцев, поэтому приходилось лишь искать повод, чтобы уличить предпринимателей в нарушении договора, расторгнуть его и в судебном порядке добиться права на владение дорогой. Стремясь удержать свою собственность, акционеры то сулили построить дополнительные линии и заменить конную тягу электрической, то грозились продать конку иностранным промышленникам ввиду ее «малодоходности». Но «отцы города» отвергали и компромиссы, и угрозы. Они желали сами распоряжаться городским транспортом, чтобы успешнее пополнять муниципальный бюджет, а заодно и свои карманы.

Находясь в условиях неопределенности, акционерное общество воздерживалось от дополнительных капиталовложений. Рельсы, вагоны и всё хозяйство конки приходили в негодность. Многочисленные просьбы жителей Ново-Московской улицы, Серебрянки, Лошицы об открытии новых маршрутов оставались на бумаге.

Только в 1912 г., когда наступил оговоренный в контракте первый срок выкупа, у городских властей появился повод действовать более решительно. После долгих совещаний выкупная сумма была установлена в размере 212,5 тысячи рублей. Минск получил разрешение на облигационный заем для приобретения конки и строительства трамвая. И только после этого – 8 ноября 1912 г. – выкуп состоялся. Дорога перешла во владение города, но с условием, что ее подвижной состав после

введения трамвая будет возвращен акционерному обществу. Это планировалось осуществить к концу 1914 г., но помешала война.

Эксплуатация конки продолжалась и в военное время. Однако дни ее были сочтены, потому что уже в 1913 г. утвердило проект трамвая.

Трамвай. Акционерное общество городских и пригородных конно-железных дорог России, владевшее конкой в Минске, еще в 1898 г. внесло предложение в городскую Думу о замене действующей конки электрическим трамваем. Для этого необходимо было построить электростанцию, общую для питающей сети трамвая и электрического освещения города.

В октябре 1911 г. городская Дума решила произвести выкуп конки и ходатайствовать о выпуске облигационного займа в сумме одного миллиона рублей на строительство трамвая из капитала частных лиц. На заседании городской Думы 6 октября 1912 г. вопросы выкупа дороги и строительства трамвая были решены окончательно. Было установлено, что строительство будет вестись исключительно силами и под руководством городского управления. Проведение изыскания линий трамвая и определения стоимости этих работ было поручено директору Минской водопроводно-электрической станции Ф. Корзону. Сеть маршрутов первоначально предполагалась из двух линий: от Брестского вокзала до Золотой Горки длиной 4,6 км и от скотобойни по Игуменскому тракту, улице Захарьевской, Нижнему базару до Сторожевского кладбища длиной 4,8 км. Затем намечалось построить линию от Ляховки по Губернаторской и Немигской улицам до Юбилейной площади. В центре все линии были бы двухпутные. Ширина колеи была выбрана 1 м. Среднюю скорость движения планировали сделать равной 12 км в час, что давало бы возможность проехать от Комаровки до Брестского вокзала за 25 минут, а от Сторожевки до Виленского вокзала – за 20. Территория под парк была определена по улице Долгобродской – на участке, примыкающем к конному рынку, который намечалось перенести.

Подвижной состав первоначально должен был включать 14 моторных и 3 прицепных трамвайных вагона

вместимостью 18 и 14 пассажиров соответственно. Каждый вагон оборудовался двумя электродвигателями по 35 лошадиных сил каждый. Предусматривалось применить постоянный электрический ток напряжением 550 В от городской электростанции по двум подземным кабелям.

27 ноября 1913 г. Минская городская Дума 17 голосами против 14 приняла проект сооружения трамвая, составленный минским инженером Ф. Корзоном при участии киевского профессора Дубелира. Был установлен срок окончания строительства – ноябрь 1914 г.

Работы по строительству предусматривалось начать с Золотой Горки и с конца Коломенской улицы.

Заключение. История – неотъемлемая часть будущего. Образование транспортной подотрасли в системе городского ЖКХ явилось основой будущей многоплановой транспортной системы Минска.

Список литературы

- 1 Через годы и испытания // Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mjkh.gov.by/print.php?id=78>. – Дата доступа: 20.09.2014.
- 2 Лошадь как лошадь и как часть жизни старого Минска // Новостной портал «ТУТ.ВУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.tut.by/kaleido-scope/384570.html>. – Дата доступа: 20.09.2014.
- 3 Конка в Минске // maxim_nm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maxim-nm.livejournal.com/45824.html>. – Дата доступа: 20.09.2014.
- 4 Конка // Минск старый и новый [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minsk-old-new.com/minsk-2796.htm>. – Дата доступа: 20.09.2014.
- 5 Минская конка: первое появление общественного транспорта в столице, борьба с зайцами и извечные конфликты // Городской журнал «Minsk» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://whereminsk.by/minsk/magazine/one/109>. – Дата доступа: 20.09.2014.
- 6 Сначала была конка // Вечерний Минск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vminsk.by/news/30/22085/>. – Дата доступа: 20.09.2014.
- 7 **Васильев, А. А.** История формирования системы жилищно-коммунального хозяйства : [монография] / А. А. Васильев, И. Г. Малков ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 215 с.

Получено 28.11.2016

V. I. Senko, A. A. Vasilyev, Y. S. Gorevaya. Education and formation of transport subsector of system of city housing and communal services.

Education and formation of transport subsector – one of the main subsectors of system of the city housing and communal services (HCS) of Minsk is considered.

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ КОНФЕРЕНЦИИ

УДК 624.21/8

А. А. ПОДДУБНЫЙ, П. Г. ДЕМИДОВ, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СТРОИТЕЛЬСТВО И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Решению проблемных вопросов теории и практики проектирования, строительства, эксплуатации и восстановления искусственных сооружений на транспортной сети была посвящена V международная научно-практическая конференция, организованная военно-транспортным факультетом в УО «Белорусский государственный университет транспорта», которая состоялась в соответствии с Планом международного сотрудничества между Министерствами обороны Республики Беларусь и Российской Федерации 21–22 апреля 2016 г. В работе конференции приняли участие специалисты транспортных и строительных организаций Республики Беларусь, представители гражданских факультетов и кафедр учебных заведений Республики Беларусь и Российской Федерации, а также офицеры транспортных войск Республики Беларусь.

На открытии конференции 21 апреля 2016 года с приветственными словами выступили: генерал-майор Новиков С. И. (начальник Департамента транспортного обеспечения Министерства обороны Республики Беларусь, г. Минск), д-р техн. наук, профессор, генерал-лейтенант Ивановский В. С. (начальник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург, Россия), генерал-майор Горяинов И. О. (начальник Военного института (Железнодорожных войск и военных сообщений), г. Петергоф, Россия), полковник Быстров К. А. (начальник производственного отдела – заместитель главного инженера Главного управления начальника Железнодорожных войск, г. Москва, Россия), Кувшинчиков-Неворский Д. А. (начальник технического отдела службы пути и тоннельных сооружений, г. Минск), Сергеев А. М. (заместитель заведующего кафедрой «Проектирование зданий и градостроительство» Московского государственного строительного университета, Россия), полковник Поддубный А. А. (начальник ВТФ УО «БелГУТ», г. Гомель).

Завершил пленарное заседание с научным докладом «Исследование прогибов неоднородных панелей при неполном контакте с упругим основанием и их экспериментальная проверка» полковник Поддубный А. А.

22 апреля 2016 года участники конференции продолжили работу на секционных заседаниях, где им была предоставлена возможность обсудить результаты научных исследований, поделиться опытом с коллегами, а также наладить контакты для будущего сотрудничества. Заседания проводились по четырём направлениям: «Расчёт и конструирование искусственных сооружений и их компонентов», «Восстановление и техническое прикрытие искусственных сооружений», «Строительство искусственных сооружений. Экологическая безопасность и энергосбережение при строительстве искусственных сооружений», «Машины и оборудование при строительстве и восстановлении искусственных сооружений».

В рамках работы конференции был подписан Договор о сотрудничестве между ВА МТО и УО «БелГУТ».



Участники V международной научно-практической конференции

Большой интерес у участников конференции вызвал доклад генерал-лейтенанта Ивановского В. С., в котором он раскрыл роль восстановления и технического прикрытия искусственных сооружений на транспортных коммуникациях при организации материально-технического обеспечения войск (сил).

В своих докладах полковник Быстров К. А. и канд. техн. наук, доцент Бочкарёв Д. И. довели информацию о перспективных образцах специальной техники и технического имущества Железнодорожных войск для восстановления мостов на сети железных дорог и о многофункциональных транспортных средствах на комбинированном ходу, используемых для содержания и ремонта искусственных сооружений.



Подписание договора о сотрудничестве ректором университета В. И. Сенько и начальником ВА МТО генерал-лейтенантом В. С. Ивановским

В заключение работы оргкомитетом конференции в целях стимулирования научной деятельности профессорско-преподавательского состава, курсантов и студентов были учреждены дипломы I, II, III степеней, которые присуждены лучшим докладам в каждой секции отдельно для преподавателей и для курсантов и студентов.

По итогам конференции было выработано Решение и вынесены на утверждение вышестоящими органами военного управления предложения в проект Плана сотрудничества между МО РБ и МО РФ в рамках координации деятельности профильных образовательных учреждений на 2017 год.

