



ВЕСТНИК

Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

**НАУКА
и ТРАНСПОРТ**

1/2018

ВЕСТНИК
Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

Научно-практический журнал

НАУКА
и ТРАНСПОРТ

№ 1(36)/2018

«ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ»

Научно-практический журнал № 1 (36) 2018 года

Издается с апреля 2000 года

Выходит один раз в полугодие

Учре д и т е л и:

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

Главный редактор *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Заместители главного редактора: *А. А. ЕРОФЕЕВ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ*

Редакционная коллегия:

*А. А. СИВАК, В. М. МОРОЗОВ, В. Н. ШУБАДЕРОВ, В. И. СЕНЬКО,
В. Я. НЕГРЕЙ, К. А. БОЧКОВ, Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, Э. И. СТАРОВОЙТОВ, О. Н. ЧИСЛОВ*

Ответственный секретарь *Т. А. ВЛАСЮК*

Адрес редакции: ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Республика Беларусь
Телефон (факс) (0232) 31-59-48

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

На белорусском и русском языках

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

Сенько В. И., Макеев С. В., Комиссаров В. В., Скороходов С. А. Особенности определения коэффициента запаса сопро- тивления усталости конструкций подвижного состава.....	5
Зайчик В. С., Альховская Е. М., Свириденко К. В., Перекрестова Н. М. Особенности законодательства в области оценки соответствия железнодорожного подвижного состава и его составных частей установленным требованиям	10
Афанаськов П. М. Взаимодействие сыпучего груза с кузовом вагона	13

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

Бурченко В. В. Совершенствование характеристик системы автоматического регулирования скорости горочного тепловоза.....	17
Шевчук В. Г., Соловьев Р. А., Кривенков С. В., Стоцкий М. П. Исследование разборчивости речи в радиотелефонном тракте методами артикуляционных измерений	21
Хоменко С. И. Схемотехническое моделирование процессов в схемах защиты от перенапряжения устройств ЖАТ.....	24
Черняк Ю. В., Гатченко В. А., Карашук С. В. Модель тягового привода электровоза постоянного тока с широтно- импульсным регулированием напряжения тяговых электродвигателей	28

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Аземша С. А., Цалко А. П. Расчет описательных статистик переменных глобального отчета ООН о состоянии безопасности дорожного движения в мире	30
Аземша С. А., Брель Е. Ю. Обоснование целесообразности и направления развития велосипедного движения в Республике Беларусь	41
Михальченко А. А., Власюк Т. А., Карягдыев Р. М., Курбанов А. З. Развитие интеграции видов транспорта пассажир- ских перевозок в международном сообщении.....	48
Ходоскин Д. П. Расчет потенциальной опасности в конфликте «транспорт – транспорт» в попутном потоке с учетом пара- метров зоны дилеммы	52

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Кулаженко Ю. И., Ерофеев А. А., Ковтун П. В., Мирошников В. Е. Перспективы транспортного строительства в Бело- русском Полесье.....	55
Еловой И. А., Малиновский Е. В., Петрачков С. А. Развитие железнодорожных контейнерных перевозок в Республике Беларусь	58
Кузнецов В. Г., Козлов В. Г. Информационное обеспечение задач плана формирования железной дороги	61
Кебиков А. А., Зайчик В. С., Роговенко М. А. Определение требований безопасности к промежуточному рельсовому скреплению СБ-3.....	64
Козлов В. Г. Объектная структура системы анализа выполнения плана формирования	67
Шкурин К. М. Исследование влияния массы грузовых поездов на их участковую скорость.....	70
Михальченко А. А., Власюк Т. А., Кунницкий Я. С. Выбор системообразующих параметров услуг пассажирских терми- налов	73
Потылкин Е. Н. Особенности взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта в условиях увеличения количества частных вагонов	79
Потылкин Е. Н. Определение потребного путевого развития для временного размещения частных вагонов	85
Власюк Т. А. Разработка математических моделей взаимодействия видов транспорта в агломерации на основе метода тех- нико-биологических аналогий	90
Бочкарев Д. И., Ковтун П. В., Осипова О. В. Анализ структуры технологических процессов текущего содержания пути на предприятиях Белорусской железной дороги	94
Терещенко Е. А. Особенности технологии работы станций по расформированию поездов при секционировании путей сор- тировочных парков	98
Евстратенко А. В. Почтовая станция – прототип современного объекта придорожного сервиса в Беларуси	103

Кузнецов В. Г., Федоров Е. А., Гедрис К. И. Оценка организации перемещения вагонов на инфраструктуре с применением процессно-объектного подхода.....	107
Хорошевич А. А., Пелих С. А. Развитие высокоскоростного электрического железнодорожного транспорта как необходимого элемента функционирования экономики страны в современных условиях.....	112
Дашкевич П. Л., Русак Е. С. Разработка метода повышения достоверности оценки конкурентоспособности транспортного предприятия.....	115

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Васильев А. А., Швайликова Э. В., Булавко А. Н. Исследование изменения степени гидратации цемента по сечению образцов цементного камня	118
Васильев А. А., Долманюк Р. Ю., Дашкевич С. В. Модель прогнозирования долговечности железобетонных пролетных строений мостов	121
Неверов А. С., Самусева Л. В., Алёхин Ю. В. Разработка состава гипсополимерного композиционного материала.....	124
Поддубный А. А., Яровая А. В. Мониторинг применения быстровозводимых мостов и переправ в Республике Беларусь.....	130
Карамышев А. А. Особенности методологического подхода к колористике массовой жилой застройки	134

ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Горячева Н. В. Развитие инновационной деятельности на промышленных предприятиях Украины.....	136
---	-----

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Гришанкова Н. А. Учебно-методическая типология терминов для обучения самостоятельному чтению научно-технических текстов в транспортном вузе	144
--	-----

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

УДК 539.43

В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, С. В. МАКЕЕВ, кандидат технических наук, В. В. КОМИССАРОВ, кандидат технических наук, С. А. СКОРОХОДОВ, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Рассмотрены особенности определения характеристик сопротивления усталости конструкций вагонов в результате проведения ходовых прочностных и динамических испытаний, а также при реализации испытаний на соударение и «сбрасывание» с клиньев. Реализация ускоренного метода определения коэффициента сопротивления запаса произведена на примере испытаний вагона-цистерны. Показано, что только в зоне приварки лап рамы к котлу вагона наблюдаются коэффициенты запаса сопротивления усталости, близкие к допустимой величине. В целом, установлено, что испытанная цистерна имеет требуемый запас по критерию сопротивления усталости на весь назначенный срок службы. Делается вывод, что постоянное совершенствование методик испытаний позволит получать более достоверные данные о запасе сопротивления усталости реальных конструкций подвижного состава и тем самым производить его проектирование более рационально и экономично, что позволит снижать металлоемкость таких изделий и риск их эксплуатации.

Введение. Наметившиеся тенденции в вагоностроении ведут к увеличению осевой погонной нагрузки, что, в свою очередь, приводит к дополнительному увеличению силового воздействия как на несущие конструкции подвижного состава, так и на элементы инфраструктуры. Одним из основных механизмов обеспечения безопасности и повышения качества производимой продукции на территории Таможенного союза является система технических регламентов, которые содержат обязательные для применения и исполнения требования к создаваемой (в том числе модернизируемой) продукции. Такая система, с учетом постоянно обновляемой нормативной базы и создаваемой инновационной продукции, требует постоянного совершенствования применяемых методик испытаний и подходов в практике подтверждения соответствия объектов железнодорожного транспорта.

Основной характеристикой работоспособности длительно работающих несущих конструкций железнодорожных вагонов является усталостная прочность, характеризующаяся соответствующим коэффициентом запаса сопротивления усталости. При его значениях, выше установленных норм (допускаемой величины), подразумевается, что в течение всего времени эксплуатации вагона возникновение усталостных трещин в металле принципиально невозможно.

При классическом подходе к определению коэффициента запаса сопротивления усталости получают данные об эксплуатационной нагруженности при движении вагонов в составе поезда по прямым и кривым участкам пути и стрелочным переводам с допустимой скоростью вплоть до конструкционной при периодических служебных регулировочных торможениях, периодических умеренных рывках и толчках, штатной работе механизмов и узлов вагона (III расчетный режим по [3]). Данный метод испытаний связан с проведением длительных ходовых прочностных и динамических испытаний в указанных условиях и во всем диапазоне скоростей движения на специальных полигонах.

С другой стороны, в испытательном центре железнодорожного транспорта «СЕКО» БелГУТа отработывается ускоренный метод осуществления такого рода комплексных воздействий, проводя их моделирование отдельными видами воздействий на вагон: испытанием на соударение и «сбрасыванием» с клиньев. Ударные испытания проводятся с целью моделирования динамических напряжений и их распределения в элементах рамы и кузова вагона при его эксплуатации. При испытаниях по сбросу с клиньев моделируются соответствующие режимы вертикального динамического нагружения с измерением динамических напряжений, возникающих в конструкции, и определением коэффициентов вертикальной динамики.

В статье описываются основные особенности и результаты практической апробации ускоренного метода при определении коэффициента запаса сопротивления усталости, которые могут быть использованы при проведении испытаний натурных образцов новых, модернизируемых и серийно выпускаемых грузовых вагонов, предназначенных для эксплуатации на сети железных дорог ОАО «РЖД» и БелЖД колеи 1520 мм на общих основаниях.

Результаты и их обсуждение. Выводы об усталостной прочности несущих конструкций железнодорожных вагонов в соответствии с предъявляемыми требованиями производятся с учетом вероятностного рассеивания характеристик сопротивления усталости элементов конструкций и случайного характера динамического нагружения, возникающего в условиях эксплуатации или соответствующих испытаний. В расчетной практике нормирован [3, 4] и широко применяется метод, основанный на условии суммирования повреждений и уравнения кривой усталости. При этом используется достаточно распространенная в расчетной практике гипотеза линейного суммирования повреждений Пальмгрена-Майнера, в соответствии с которой условие разрушения (повреждение $D_p = 1$) при дискретном и произвольном изменении нагрузки имеет вид

$$D_p = \sum \frac{n_i}{N_i} = 1 \text{ или } D_p = \int_0^{\infty} \frac{dn_i}{N_i} = 1, \quad (1)$$

где n_i – число циклов нагружения при заданном напряжении σ_i (наработка); N_i – число циклов до разрушения образца при заданном напряжении σ_i (устанавливается по левой ветви кривой усталости); i – число уровней нагружения.

Таким образом, под усталостной поврежденностью в данном случае понимается относительная долговечность, т.е. отношение наработки n_i к циклической долговечности N_i при заданном уровне напряжений.

При известной функции $f(\sigma_i)$ плотности распределения амплитудных значений напряжений в детали число циклов повторения напряжений будет

$$dn_i = T_{np} f_{\sigma} f(\sigma_i) d\sigma_i, \quad (2)$$

где T_{np} – срок службы конструкции до разрушения при непрерывной работе (движении) вагона; f_{σ} – эффективная средняя частота изменения динамических напряжений; $f(\sigma_i)$ – функция плотности распределения амплитудных значений напряжений.

Принимая степенное уравнение кривой усталости

$$\sigma_i^m N_i = \sigma_{aN}^m N_0, \quad (3)$$

получают выражение амплитуды установившегося, эквивалентного эксплуатационному, режима нагружения детали

$$\sigma_{a,\sigma} = \sqrt[m]{\sum_1^{k_{vi}} T_{np} P_{vi} f_{\sigma vi} \int_0^{\infty} \frac{\sigma_i^m f(\sigma_i) d\sigma_i}{N_0}}, \quad (4)$$

или, в случае дискретного распределения амплитудных значений напряжений

$$\sigma_{a,\sigma} = \sqrt[m]{\frac{T_{np}}{N_0} \sum_1^{k_{vi}} P_{vi} f_{\sigma vi} \sum_1^{k_{\sigma i}} \sigma_i^m P_{\sigma i}}, \quad (5)$$

где σ_{aN} – предел выносливости (предельная амплитуда конструкции (детали), соответствующий базовому числу циклов N_0 ; σ_i – амплитуда напряжений (данного разряда) от эксплуатационных нагрузок; $p_{\sigma i}$ и p_{vi} – соответственно частота (вероятность) появления напряжения с уровнем σ_i в данном интервале скоростей и доля времени, приходящаяся на эксплуатацию вагона со скоростью v_i ; $k_{\sigma i}$ и k_{vi} – число разрядов дискретизации соответственно амплитуд напряжений и диапазона скоростей движения; $f_{\sigma vi}$ – частота изменения динамических напряжений, характерная для данной скорости; m – показатель степени в уравнении кривой усталости.

Центральную (эффективную) частоту изменения динамических напряжений для каждого интервала скоростей определяют из осциллограмм напряжений по выражению

$$f_{\sigma} = \frac{x_i}{t_i}, \quad (6)$$

где x_i – количество измеренных амплитуд напряжений на i -й осциллограмме (с учетом «нулевых» значений); t_i – продолжительность записи на i -й осциллограмме (с); i – номер реализации (осциллограммы), или по формуле

$$f_{\sigma} = \sqrt{\int_0^{\infty} f^2 g(f) df}, \quad (7)$$

где $g(f)$ – нормированная функция спектральной плотности.

При отсутствии экспериментальных данных эффективную частоту процесса изменения динамических напряжений допускается определять по формуле

$$f_{\sigma} = \frac{a}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{cr}}}, \quad (8)$$

где a – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа подвижного состава; g – ускорение свободного падения; f_{cr} – статический прогиб рессорного подвешивания груженого вагона, м.

По определенному эквивалентному $\sigma_{a,\sigma}$ значению амплитуды напряжений в конструкции и предельной амплитуде $\sigma_{a,N}$ напряжений (пределу выносливости, соответствующему определенной вероятности неразрушения) проверяют усталостную прочность проектируемого узла или детали:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,\sigma}} \geq [n], \quad (9)$$

где $[n]$ – минимально допустимое значение коэффициента запаса сопротивления усталости, принимаемое в зависимости от исходных данных проводимого расчета.

При использовании надежных экспериментальных данных о режимах эксплуатационной нагруженности и прочностных характеристиках детали с учетом вероятностного рассеивания допустимые коэффициенты запаса принимаются в диапазоне от 1,3 до 1,7. Наличие приближенных данных о прочности детали или режимах ее нагруженности требует использования значений коэффициентов запаса от 1,5 до 1,9. Использование же приближенных данных о прочности детали и режимах ее нагруженности обязывает использовать повышенные значения коэффициентов запаса от 1,8 до 2,2 [3, 4].

Если проектируемое или сертифицируемое изделие является ответственной деталью подвижного состава, то для нее принимают большие значения коэффициентов запаса усталости. Так, например, при одних и тех же исходных данных для элементов кузова будет принят коэффициент запаса, равный 1,5, а для колесной пары – 1,9.

Величину среднего значения предельной амплитуды напряжений (предела выносливости) $\bar{\sigma}_{a,N}$ узлов и деталей устанавливают, проводя испытания на стендах динамического нагружения в условиях, близких к эксплуатационным (несимметричный цикл изменения напряжений, правильное приложение нагрузок и опорных реакций и т.п.). При отсутствии экспериментальных данных она может быть получена из выражения

$$\bar{\sigma}_{a,N} = \frac{\bar{\sigma}_{-1}}{(\bar{k}_{\sigma})_k}, \quad (10)$$

где $\bar{\sigma}_{-1}$ – среднее (медианное) значение предела выносливости гладкого стандартного образца из материала (по ГОСТ 25.502) при симметричном цикле изменения напряжений на базе N_0 ; $(\bar{k}_{\sigma})_k$ – среднее значение общего коэффициента снижения предела выносливости в выбранной контрольной зоне (или детали), определяемого по соответствующим экспериментальным и справочным данным.

Расчетное значение предела выносливости материала конструкции $\sigma_{a,N}$, соответствующее определенной вероятности безотказной работы, для контрольной зоны (детали) при симметричном цикле напряжений определяется по формуле

$$\sigma_{a,N} = \bar{\sigma}_{a,N} (1 - z_p v_{\sigma_{a,N}}), \quad (11)$$

где z_p – квантиль распределения $\sigma_{a,N}$, соответствующий односторонней вероятности (например, при $P = 95\%$ $z_p = 1,645$); $v_{\sigma_{a,N}}$ – коэффициент вариации предела выносливости материала по [3].

Величины амплитуд динамических напряжений, полученные в результате натурного эксперимента при несимметричном цикле нагружения, приводятся к эквивалентному симметричному циклу:

$$\sigma_a = \sigma_a^{\text{эксп}} + \sigma_m \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_B}, \quad (12)$$

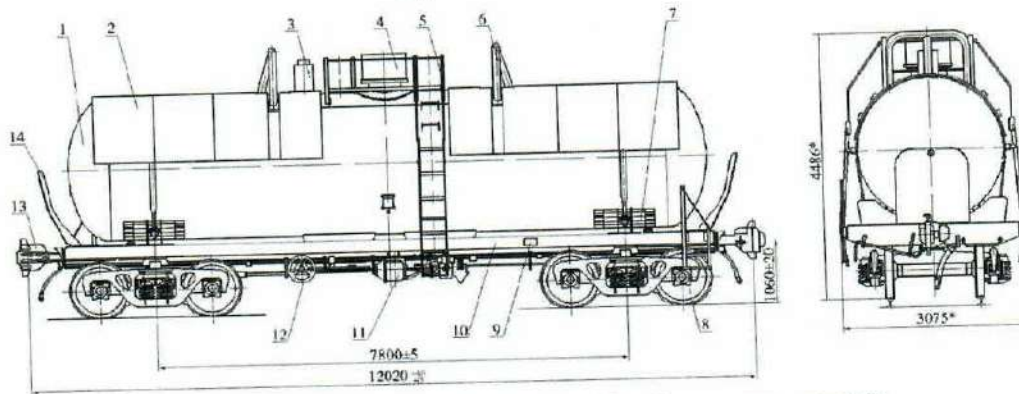


Рисунок 1 – Общий вид вагона-цистерны

- 1 – котел; 2 – защита теневая; 3 – узел предохранительный; 4 – колпак арматуры; 5 – лестница наружная; 6 – ограждение; 7 – крепление котла на раме; 8 – тележка двухосная; 9 – коловый бортовой датчик; 10 – рама; 11 – автотормоз; 12 – тормоз стояночный; 13 – устройство автосцепное; 14 – щит предохранительный

Основные элементы котла и лапы рамы изготовлены из проката низколегированной стали марки 09Г2С категории 14 по ГОСТ 5520 ($\sigma_{-1} = 200$ МПа). Зеты хребтовой балки – из низколегированной стали марки 09Г2С категории 14, класса прочности не ниже 345 по ГОСТ 19281 ($\bar{\sigma}_{-1} = 220$ МПа). Шкворневая и концевые балки рамы, горловина люка-лаза – из низколегированной стали марки 09Г2С категории 14, класса прочности не ниже 325 по ГОСТ 19281 ($\sigma_{-1} = 210$ МПа).

Испытания проводились на полигоне Испытательного центра железнодорожного транспорта «СЕКО» БелГУТА.

где σ_a – амплитуда динамического напряжения, приведенная к симметричному циклу и эквивалентная экспериментально полученному несимметричному; $\sigma_a^{\text{эксп}}$ – амплитуда экспериментально полученного несимметричного цикла; σ_m – среднее напряжение цикла в контрольной зоне экспериментально полученного несимметричного цикла; σ_B – значение временного сопротивления материала в контрольной зоне.

Рассмотрим методику реализации ускоренного метода определения коэффициента сопротивления запаса на примере испытаний вагона-цистерны (рисунок 1).

Регистрация процессов изменения показаний тензометрирования и прогиба рессорного подвешивания осуществлялась с использованием аппаратно-программного комплекса проведения динамических испытаний на основе аналого-цифрового преобразователя MGC Plus. До начала испытаний осуществлялась наклейка тензорезисторов на раму и котел вагона-цистерны в наиболее напряженных и ответственных узлах вагона, на основе соответствующего конечно-элементного расчета и опыта эксплуатации. Места расположения тензорезисторов обозначены на рисунках 2 и 3.

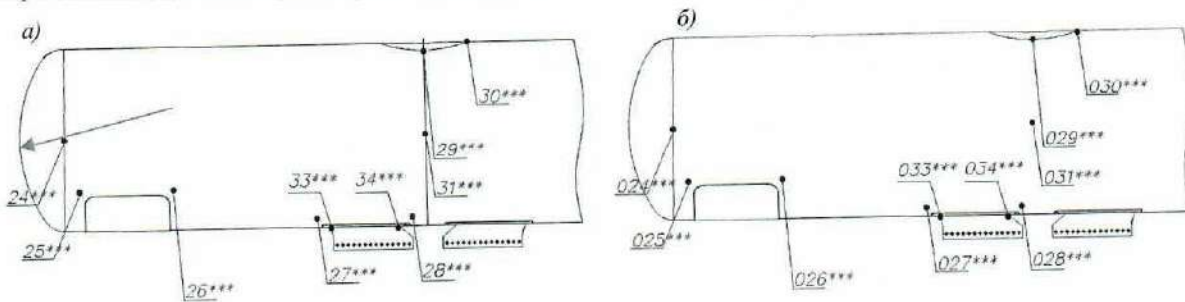


Рисунок 2 – Схема расположения тензорезисторов на котле и на фасонных лапах вагона:
а – вид слева; б – вид справа

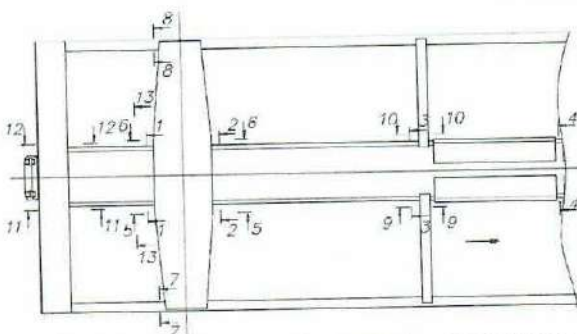


Рисунок 3 – Схема расположения тензорезисторов на раме вагона

Испытания на соударения проводились при полной нагрузке вагона-цистерны, подпертого вагонами прикрытия, путем соударения с вагоном-бойком на специализированном механизированном стенде-горке.

Испытания по сбросу с клиньев проводились путем сбрасывания груженого вагона с клиньев (при укладке клиньев высотой 28 мм под все колеса исследуемого вагона) с измерением динамических напряжений, возникающих в конструкции, и коэффициента вертикальной динамики (измерение прогиба рессорного подвешивания).

Значения напряжений от веса груза определяются на основании полученных данных в результате испытаний вагона на статическую прочность.

По результатам измерений определяется наибольшая амплитуда напряжений, соответствующая реализованному диапазону силы удара и моменту сброса с клина. На основе полученных данных эквивалентную амплитуду динамического напряжения [см. формулы (3) и (4)] можно определить по формуле

$$\sigma_{a,z} = \sqrt[m]{\frac{T_{пр}}{N_0} (D_{прод}^{сум} + D_{верт}^{сум})}, \quad (13)$$

где $D_{прод}^{сум}$ – суммарное повреждение от продольных нагрузок; $D_{верт}^{сум}$ – суммарное повреждение от вертикальной динамики.

Суммарное повреждающее воздействие от продольных нагрузок

$$D_{прод}^{сум} = N_{c1} \sum_{i=1}^{k_{уд}} (\sigma_{a,i}^I)^m P_i^I, \quad (14)$$

где N_{c1} – нормативное количество циклов динамических напряжений от продольных сил, действующих на вагон через автосцепку за 1 год эксплуатации (принимают согласно [4]); $k_{уд}$ – принятое число диапазонов усилий; P_i^I – частота повторения усилий в рассматриваемом диапазоне; $\sigma_{a,i}^I$ – амплитуда динамического напряжения для i -го диапазона сил, МПа,

$$\sigma_{a,i}^I = \frac{\overline{\sigma_{ai}^I} \overline{F}_i}{F_{max}}; \quad (15)$$

$\overline{\sigma_{ai}^I}$ – амплитуда напряжения несимметричного цикла при динамической нагрузке от соударения, полученная при силе соударения 3,5 МН, МПа; \overline{F}_i – среднее значение продольного усилия, для i -го диапазона, МН; F_{max} – максимальное значение продольного усилия, МН.

Нормативную функцию распределения частот повторения продольных усилий, действующих на грузовой вагон через автосцепку, принимают согласно [4] (рисунок 4).

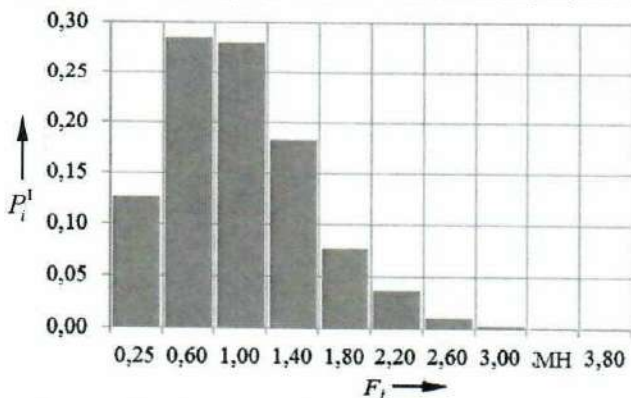


Рисунок 4 – Нормативная функция распределения частот повторения продольных усилий, действующих на грузовой вагон через автосцепку

Повреждающее воздействие за 1 год эксплуатации от вертикальной динамики определяют по формуле

$$\sigma_{верт}^{сум} = N_{c2} \sum_{j=1}^3 K_j \sum_{i=1}^{k_{ди}} (\sigma_{a,i}^{II})^m P_i^{II}, \quad (16)$$

где K_j – доля протяженности характерных участков пути [прямых ($j = 1$), кривых ($j = 2$) и стрелочных переходов ($j = 3$)]; P_i^{II} – частота появления амплитуд с уровнем $\sigma_{a,i}^{II}$; $k_{ди}$ – принятое число диапазонов амплитуд для j -го характерного участка; $\sigma_{a,i}^{II}$ – амплитуда динамического напряжения для i -го диапазона скорости j -го характерного участка, МПа,

$$\sigma_{a,i}^{II} = \frac{\overline{\sigma_{ai}^{II}} \overline{k_{di}}}{k_d}; \quad (17)$$

$\overline{\sigma_{ai}^{II}}$ – амплитуда напряжения при вертикальной динамической нагрузке, полученная при коэффициенте вертикальной динамики при максимальной скорости, МПа; $\overline{k_{di}}$ – среднее вероятное значение коэффициента динамики для i -го диапазона скоростей; k_d – максимальное значение коэффициента динамики при максимальной скорости.

Нормативная функция распределения частот повторения коэффициентов динамики принимается равной нормативной функции распределения скоростей движения вагона согласно «Нормам...» [3] (рисунок 5).

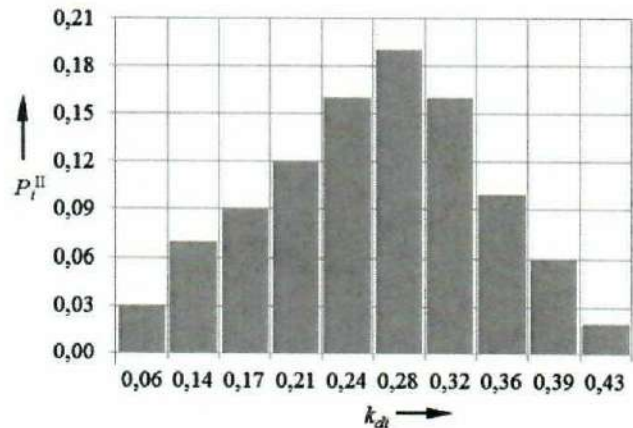


Рисунок 5 – Нормативная функция распределения частот повторения коэффициентов динамики

Нормативное количество циклов динамических напряжений от вертикальной динамики кузова при движении вагона за 1 год эксплуатации согласно «Нормам...»

$$N_{c2} = f_3 T_{мп}. \quad (18)$$

Суммарное время действия динамических напряжений, вызванных колебаниями и вибрациями вагона при движении в груженом состоянии за 1 год эксплуатации, определяют по формуле

$$T_{мп} = 365 \cdot \frac{10^3 \overline{L}_c}{v}, \quad (19)$$

где \overline{L}_c – среднесуточный груженный пробег вагона, км/сут; v – средняя техническая скорость движения вагона, м/с.

По результатам выполненной экспериментальной и расчетной оценки вагона-цистерны получены коэффициенты запаса сопротивления усталости для всех контрольных точек. Данные результаты удобно представить в виде лепестковой диаграммы в логарифмических

координатах с указанием предельного (нормированного) значения коэффициента запаса сопротивления усталости (рисунок 6).

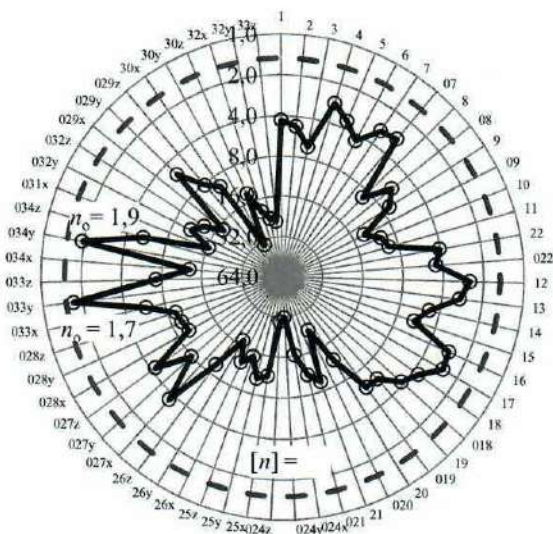


Рисунок 6 – Расчетно-экспериментальные коэффициенты запаса усталостной прочности

Проводя анализ рисунка 6, можно установить, что только для контрольных точек 033у и 034у (место приварки лап рамы к котлу вагона) наблюдаются коэффициенты запаса, близкие к допустимой величине (1,7 и 1,9 соответственно). В целом же можно констатировать, что испытанная цистерна имеет запас по критерию сопротивления усталости на весь назначенный срок службы.

Заключение. В статье сформулированы особенности определения коэффициента запаса сопротивления усталости конструкций подвижного состава ускоренным методом на примере испытаний вагона-цистерны. Для некоторых специальных типов вагонов при обработке

данных ходовых испытаний, а также при реализации испытаний путем сброса с клиньев, для более точного моделирования реальных условий эксплуатации, могут быть учтены повреждения, накапливаемые при погрузке-разгрузке, а также оценена поврежденность, возникающая при порожнем пробеге вагонов. В этой связи в дополнение к изложенному подходу требуется реализация соответствующих испытаний на порожнем подвижном составе и при погрузке-разгрузке, а также учет накапливаемых при этом повреждений.

В целом для более достоверной оценки характеристик сопротивления усталости конструкций подвижного состава существующие методики испытаний и обработки полученных результатов необходимо постоянно совершенствовать. В конечном итоге это позволит получать более достоверные данные о запасе сопротивления усталости реальных конструкций подвижного состава и тем самым производить его проектирование более рационально и экономично, что позволит снижать металлоемкость таких изделий и риск их эксплуатации.

Список литературы

- 1 Ксендзов, В. Н. Прогнозирование остаточного ресурса деталей приводов машин / В.Н. Ксендзов, Г.А. Дько, С.П. Мурашко // Надежность и контроль качества. – 1988. – № 10. – С. 18 – 24.
- 2 ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения. – Введ. 1990-07-06. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 38 с.
- 3 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.
- 4 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества : РД 24.050.37.95. – М.: ГосНИИВ, 1995. – 102 с.
- 5 Долматов, А. А. Динамика и прочность четырехосных железнодорожных цистерн : сб. науч. тр. / А. А. Долматов, Н. Н. Кудрявцев. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 124 с.

Получено 01.01.2017

V. I. Senko, S. V. Makeev, V. V. Komissarov, S. A. Skorokhodov. Features of determination of coefficient of the stock resistance of fatigue of designs of the rolling stock.

In the work features of determination of resistance of fatigue of designs of cars as a result of carrying out trial strength and dynamic runs have been examined and also at realization of tests for impact and "dropping" from wedges. Realization of the accelerated method of determination of coefficient of resistance of a stock has been made on the example of tests of the tank car. It has been shown that only in a zone of welding of paws of a frame to a copper of the car fatigue resistance stock coefficients close to the allowed size are observed. In general it has been established that the tested tank has the required stock by criterion of resistance of fatigue on all appointed service life. The conclusion is drawn that constant improvement of techniques of tests will allow to obtain more reliable data about a stock of resistance of fatigue of real designs of the rolling stock and by that it is more rational to make his design and is economic that will allow to reduce metal consumption of such products and risk of their operation.

УДК 006.015.8

В. С. ЗАЙЧИК, кандидат технических наук, Е. М. АЛЬХОВСКАЯ, научный сотрудник отдела сертификации, К. В. СВИРИДЕНКО, научный сотрудник отдела сертификации, Н. М. ПЕРЕКРЕСТОВА, научный сотрудник отдела сертификации, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ УСТАНОВЛЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ

Представлен обзор основных положений законодательства ЕАЭС в области технического регулирования и подтверждения соответствия на железнодорожном транспорте. Рассмотрены виды подтверждения соответствия, а также основные этапы проведения работ по сертификации и декларированию подвижного состава и его составных частей.

Евразийский экономический союз (ЕАЭС) включает в себя пять стран постсоветского пространства: Армению, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан и Россию, деятельность которых основана на «Договоре о ЕАЭС», в IX приложении которого приведены вопросы технического регулирования и, в частности, оценки соответствия. В соответствии с данным приложением устанавливаются одинаковые для всех государств – членов ЕАЭС требования по подтверждению соответствия в формах сертификации и декларирования продукции требованиям технических регламентов, устанавливающих обязательные для применения и исполнения на территории ЕАЭС требования к объектам технического регулирования, а также правила идентификации продукции, формы, схемы и процедуры оценки соответствия. В качестве основы для разработки технических регламентов применяются международные стандарты (правила, директивы, рекомендации и иные документы, принятые международными организациями по стандартизации), за исключением случаев, когда соответствующие документы отсутствуют или не соответствуют целям принятия технических регламентов, в том числе вследствие климатических и географических факторов или технологических и других особенностей. В случае отсутствия необходимых документов применяются региональные документы (регламенты, директивы, решения, стандарты, правила и иные документы), национальные (государственные) стандарты, национальные технические регламенты или их проекты. В технических регламентах также могут содержаться специфические требования, отражающие особенности, связанные с характерными для государств-членов климатическими и географическими факторами или технологическими особенностями, и действующие только на территориях государств-членов. Кроме того, в технических регламентах с учетом степени риска причинения вреда могут содержаться специальные требования к продукции или к производству и связанным с требованиями к производству процессам проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, требования к терминологии, упаковке, маркировке, этикеткам и правилам их нанесения, обеспечивающие защиту отдельных категорий граждан (несовершеннолетних, лиц с ограниченной подвижностью и т. д.).

В области железнодорожного транспорта на настоящий момент действуют три технических регламента (таблица 1).

Таблица 1 – Технические регламенты Таможенного союза

Регламент	Наименование	Область распространения
ТР ТС 001/2011	О безопасности железнодорожного подвижного состава	Вновь разрабатываемые (модернизируемые), изготавливаемые железнодорожный подвижной состав и его составные части, выпускаемые в обращение для использования на железнодорожных путях шириной колеи 1520 мм на таможенной территории ТС со скоростями движения до 200 км/ч включительно
ТР ТС 002/2011	О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта	Высокоскоростной железнодорожный транспорт
ТР ТС 003/2011	О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта	Инфраструктура железнодорожного транспорта

В ряде случаев требуется подтверждение соответствия сопутствующим техническим регламентам (например, ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением»). Требования данных технических регламентов распространяются на указанные в них объекты технического регулирования, вне зависимости от страны происхождения. Выпуск в обращение перечисленных в технических регламентах объектов технического регулирования без документов об обязательном подтверждении соответствия не допускается.

В отношении железнодорожного подвижного состава и его составных частей перечень объектов технического регулирования устанавливается в приложении 1 к ТР ТС 001/2011. Подтверждение соответствия железнодорожной продукции в соответствии с ТР ТС может осуществляться двумя способами: посредством сертификации или декларирования. Так, в соответствии с приложениями 3–6 ТР ТС 001/2011 сертификации подлежат вагоны пассажирские и грузовые, тяговый подвижной состав, электропоезда, а также такие комплектующие, как колесо-бандажная продукция, тяговые электродвигатели и генераторы, колеса зубчатые, подшпники, крупное литье, электрооборудование и т.д.

Декларирование проводится в отношении вспомогательных электрических машин, кресел для машинистов и пассажиров, кузовов локомотивов и моторвагонного подвижного состава, реле различного назначения, низковольтного электрооборудования, отдельных элементов тормозной системы и ряда других комплектующих.

Непосредственно процедура декларирования соответствия включает в себя следующие основные этапы (в зависимости от схемы декларирования):

- формирование заявителем комплекта документов;
- испытания образцов продукции в аккредитованной испытательной лаборатории;
- принятие заявителем декларации о соответствии;
- подача в орган по сертификации декларации о соответствии для регистрации;
- проверка органом по сертификации полноты представленных документов и регистрация декларации о соответствии.

Процедура проведения сертификации включает в себя следующие основные этапы:

- подача заявки в орган по сертификации на проведение работ по сертификации;
- оценка заявки и принятие решения в отношении нее;
- проведение испытаний в аккредитованной испытательной лаборатории;
- проверка состояния производства, если это предусмотрено схемой сертификации;
- экспертиза результатов испытаний, результатов проверки состояния производства, а также иных доказательственных документов (включая документы СМК);
- оформление регистрации и выдача сертификата соответствия либо направление заявителю отказа в выдаче сертификата соответствия;
- инспекционный контроль (если это предусмотрено схемой сертификации).

При этом требования к размещению производителя (на территории ЕАЭС или вне ее) не устанавливаются. Однако в соответствии с ТР ТС 001/2011 заявителем на сертификацию или декларирование может быть зарегистрированное в соответствии с законодательством государств – членов ЕАЭС юридическое лицо (или физическое лицо в качестве индивидуального предпринимателя), являющееся изготовителем или продавцом либо выполняющее функции иностранного изготовителя на основании договора, заключаемого с ним в части обеспечения соответствия поставляемой продукции требованиям технического регламента и в части ответственности за несоответствие поставляемой продукции требованиям технического регламента. Следует также отметить, что в законодательной базе ЕАЭС отсутствуют требования по ограничению права заявителя обращаться только в орган того государства – члена ЕАЭС, резидентом которого он является. Заявитель имеет полное право выбирать любой орган по сертификации, внесенный в соответствующий Реестр ЕАЭС и имеющий соответствующую область аккредитации. Так, в области железнодорожного транспорта органом по сертификации УО «Белорусский государственный университет транспорта» в настоящее время выданы сертификаты и зарегистрированы декларации на продукцию производ-

ства Швейцарии, Германии, Нидерландов, Великобритании, Франции, Швеции, США, Украины, Российской Федерации, Узбекистана, КНР и ряда других стран, но во всех случаях заявителем и впоследствии держателем документа о подтверждении соответствия являлись организации-резиденты Республики Беларусь, Российской Федерации и Казахстана.

При декларировании к заявке прикладывается полный комплект документов, на основании которого заявитель принимает декларацию о соответствии. Следует иметь в виду, что все действия, предшествующие подаче заявки (разработку программы испытаний, испытания, анализ протоколов испытаний и т. д.) проводится самостоятельно заявителем. Орган по сертификации проводит проверку полноты документов и регистрирует декларацию о соответствии. Срок действия декларации о соответствии составляет не более 5 лет.

При сертификации после подачи заявки орган по сертификации проводит анализ приложенных к ней документов и разрабатывает программу испытаний. Испытания являются неотъемлемой частью процедуры подтверждения соответствия. За исключением незначительной части продукции, приведенной в приложении 5 к ТР ТС 001/2011 и декларируемой на основании собственных доказательств, сертификационные испытания должны проводиться в аккредитованных испытательных лабораториях (центрах), внесенных в соответствующий Реестр ЕАЭС. Актуальная информация по данным испытательным лабораториям (а равно и по органам по сертификации) размещена на сайте ЕАЭС. Конкретные испытательные лаборатории, в которых проводятся испытания, устанавливаются органом по сертификации в решении по заявке на сертификацию железнодорожной продукции.

Для технически сложной железнодорожной продукции, такой как электропоезда, электровозы и т. д., сертификационные испытания могут совмещаться с иными видами испытаний (приемочными и т. д.). Отбор образцов проводят представители органа по сертификации с обязательным оформлением акта отбора образцов, в котором указываются основные идентификационные признаки продукции.

Испытания железнодорожной продукции проводятся по программам, в которые включаются показатели, установленные в приложениях 7 и 8 к ТР ТС 001/2011. Для получения конкретных числовых значений показателей используются нормативные документы, приведенные в перечне стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 001/2011. Вместе с тем в соответствии с п. 5 ст. 6 ТР ТС 001/2011 неприменение стандартов не может оцениваться как несоблюдение требований технического регламента. В случае неприменения или частичного применения стандартов вступают в силу положения п. 18 ст. 6 ТР ТС 001/2011: заявитель вместе с заявкой должен предоставить доказательства соответствия продукции установленным требованиям, сведения о проведенных испытаниях и сертификат соответствия системы менеджмента качества. В этом случае орган по сертификации вправе заменить при оценке соответствия стандарты иными документами. Данная позиция особенно актуальна при сертификации продукции иностранного производства, которая

зачастую является инновационной по отношению к существующим требованиям.

Помимо вышеизложенного, еще одной проблемой при разработке программы испытаний является оптимизация объема испытаний. Очевидно, что проведение всего комплекса испытаний ведет к значительному удорожанию продукции для конечного потребителя, а резкое сокращение – к снижению уровня ее безопасности. В связи с этим вопрос оптимизации количества показателей соответствия является едва ли не основополагающим в процессе оценки соответствия.

В зависимости от схемы сертификации может также проводиться процедура анализа состояния производства, которая включает в себя оценку аспектов производства в соответствии с п. 44 ТР ТС 001/2011. Данная процедура проводится экспертами-аудиторами органа по сертификации на предприятиях-производителях вне зависимости от места их размещения с целью определения возможности стабильного выпуска сертифицируемой продукции.

По итогам проведения работ по подтверждению соответствия на продукцию наносится Единый знак обращения продукции на рынке, который свидетельствует о том, что продукция, маркированная им, прошла все установленные в технических регламентах процедуры оценки (подтверждения) соответствия и соответствует требованиям всех распространяющихся на данную продукцию технических регламентов ЕАЭС.

Все документы о подтверждении соответствия вносятся органом по сертификации в соответствующий реестр и находятся в свободном доступе в сети Internet. Следует отметить, что при подтверждении соответствия технически сложной продукции в соответствии со ст. 51 ТР ТС 001/2011 сертификат соответствия на продукцию, в состав которой входят составные части, подлежащие обязательному подтверждению соответствия, может быть выдан только при наличии на них документов о подтверждении соответствия. Так, например, перечень комплектующих изделий электропоезда Stadler FLIRT BELARUS IC, которые должны иметь сертификат, включает в себя около 140 позиций. Это вызывает определенные трудности при сертификации такой продукции, как вагоны, электропоезда, электровозы, т. е. изначально их производители не учитывают необходимость использования комплектующих, имеющих сертификаты соответствия ЕАЭС. В результате складывается ситуация, когда необходимо сертифицировать целый комплекс изделий, прежде чем приступить к сертификации электропоезда или пассажирского вагона. На основании опыта проведения работ по сертификации продукции, произведенной в различных странах за пределами ЕАЭС, представляется целесообразным привлечение органа по сертификации на возможно более ранней стадии проведения работ по сертификации технически сложной продукции (вплоть до стадии согласования

технического задания между заказчиком и производителем). Только в этом случае возможна адекватная оценка затрат на проведение работ по оценке соответствия как технически сложного изделия, так и его комплектующих. Полученный на основании вышеуказанных процедур сертификат соответствия требованиям технических регламентов (либо зарегистрированная декларация) могут быть предъявлены во всех государствах – членах ЕАЭС. Наличие в сертификате каких-либо ограничений по полигону курсирования либо по иным территориальным признакам не допускается.

Продукция, имеющая такую маркировку и сертификат соответствия (декларацию о соответствии) может быть выпущена на рынок ЕАЭС, причем к ней не могут быть предъявлены какие-либо дополнительные требования в части выполнения процедур технического регулирования или в части проведения дополнительных процедур по оценке соответствия.

В заключение хотелось бы отметить, что процедура оценки соответствия является тем техническим решением, которое позволяет эксплуатировать на железной дороге современный и, самое главное, безопасный подвижной состав. Правильная организация работ по оценке соответствия со стороны заявителя и производителя (привлечение на ранних стадиях представителей органов по сертификации, проведение испытаний в аккредитованных испытательных лабораториях, безусловное устранение выявленных несоответствий, оптимизация объемов испытаний и их совмещение на различных стадиях и т. д.) позволяет сократить финансовые издержки, благотворно влияет на имидж поставляемой на колею 1520 мм иностранной продукции, что в конечном итоге ведет к дальнейшему расширению и развитию бизнес-партнерства между производителем и железнодорожной администрацией.

Список литературы

- 1 ТР ТС 001/2011. О безопасности железнодорожного подвижного состава / Евразийская экономическая комиссия. – Введ. 2014-08-02. – Минск : Госстандарт ; БелГИСС, 2012. – VI, 52 с. (Технический регламент Таможенного союза)
- 2 ТР ТС 002/2011. О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта / Евразийская экономическая комиссия. – Введ. 2014-08-02. – Минск : Госстандарт ; БелГИСС, 2012. – VI, 56 с. (Технический регламент Таможенного союза)
- 3 ТР ТС 003/2011. О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта / Евразийская экономическая комиссия. – Введ. 2014-08-02. – Минск : Госстандарт ; БелГИСС, 2012. – VI, 38 с. (Технический регламент Таможенного союза)
- 4 ТР ТС 032/2013. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением / Евразийская экономическая комиссия. – Введ. 2014-02-01. – Минск : Госстандарт, 2013. – III, 33 с. (Технический регламент Таможенного союза)

Получено 29.01.2018

V. S. Zaichyk, E. M. Alkhouskaya, K. V. Sviriydzhenka, N. M. Perekrestova. The features of the legislation in the field of conformity assessment of the railway rolling stock and its components to the established requirements.

The review of the main provisions of the EAEU legislation in the field of technical regulation and conformity attestation in railway transport has been presented. The types of attestation conformity, as well as the main stages of the certification and declaration procedures of the rolling stock and its components, have been considered.

УДК 629.4.015

П. М. АФАНАСЬКОВ, инженер, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЫПУЧЕГО ГРУЗА С КУЗОВОМ ВАГОНА

Рассмотрены основные подходы в области исследования статики и динамики сыпучих материалов, которые позволяют оценить нагрузку, действующую на торцевые и боковые стенки кузова вагона, предназначенного для перевозки сыпучих грузов. Указаны преимущества и недостатки рассмотренных методов оценки, их применение в моделировании сыпучей среды.

Введение. Железнодорожный транспорт Республики Беларусь на сегодняшний день занимает одно из ведущих мест на рынке транспортных услуг страны, грузооборот железнодорожного транспорта практически вдвое превышает грузооборот автомобильного транспорта и составляет более 32 % от общего грузооборота страны, уступая лишь трубопроводному. После резкого снижения объемов грузоперевозок в 2015 году начал проследиваться четкий рост. По прогнозам аналитиков Белорусской железной дороги на период до 2020 года ожидается ежегодное наращивание объемов отправления грузов по сети железных дорог. Успешная реализация данной задачи в отрасли напрямую зависит от эффективности и надёжности работы вагонного парка как ключевого в цепи организации перевозочного процесса.

Специализированный подвижной состав бункерного типа для перевозки различной номенклатуры грузов нашел широкое применение на сети Белорусской железной дороги [1, 2].

В соответствии с актуальными требованиями нормативной документации вагоностроения [1, 2] при проектировании новых конструкций или модернизации конструкций вагонов, перевозящих сыпучие материалы, необходимо производить оценку прочности боковых и торцовых стен от нагрузок, вызванных воздействием сыпучего материала на них. На сегодняшний день силовые и граничные условия при выполнении прочностных расчетов кузовов грузовых вагонов определяются в соответствии с «Нормами для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» в редакции 1996 года и ГОСТ 33211–2014 «Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам», вступившим в действие с 1 июня 2017 года.

Сыпучая среда. Можно выделить два основных направления в изучении сыпучей среды. Первое – исследование строения среды. В рамках этого направления исследуются различные типы упаковок частиц, задачи определения оптимального грансостава, позволяющего достичь наиболее плотных упаковок, и др. Второе направление связано с исследованием поведения среды в процессе деформирования.

С точки зрения реологического поведения сыпучие среды можно отнести к классу упругопластических. Для их исследования используются те же методы механики деформируемого твердого тела, что и в теориях упругости и пластичности. Возникновение механики сыпучих сред как науки принято связывать с работой Кулона [3]. За 242 года, прошедшие с того времени, в этой области проведено множество исследований и опубликовано большое количество работ.

Перейдя к краевым задачам, стоит отметить, что исследования в области статики сыпучих материалов начались давно. Одной из основополагающих работ в области статики сыпучего материала является работа Янсена, которая была впервые опубликована в 1895 году [4]. Задача Янсена о распределении давлений сыпучего материала на дно и стенки емкости, которую она заполняет, является одной из классических задач механики сыпучих сред. Эта задача весьма актуальна, и ее исследованию посвящена обширная литература. Интерес к ней связан с необходимостью расчета различных бункеров для хранения сыпучих и порошковых материалов, химических реакторов, заполненных гранулированными компонентами, и т.д. Первое решение задачи для вертикальных боковых стенок было получено путем проведения экспериментального исследования, в ходе которого получено выражение для определения давления внутри силоса, которое не зависит от физико-механических свойств сыпучего материала [4].

Решение Янсена базируется на двух гипотезах:

- коэффициент бокового распора, равный отношению нормального напряжения на стенках к среднему нормальному напряжению в горизонтальном сечении, является величиной постоянной (аналог закона Паскаля);
- касательные напряжения на стенках полностью развиты и пропорциональны соответствующим нормальным напряжениям.

Величина осевого давления сыпучего материала, определенная по формуле Янсена,

$$P_{oc} = \frac{\rho_0 F g}{f K L} \left(1 - e^{-\frac{f K L}{F} H} \right), \quad (1)$$

где ρ_0 – плотность сыпучего материала; F – площадь горизонтального сечения бункера; f – коэффициент трения сыпучего материала о стенку; K – коэффициент бокового распора, определяющий отношение горизонтального давления $P_{рад}$ на вертикальную стенку к вертикальному (осевому) давлению P_{oc} на горизонтальную площадку; L – периметр сечения бункера; H – высота слоя засыпки сыпучего материала в бункере.

Необходимо обратить внимание на то, что в формулу (1) из физико-механических свойств самого сыпучего материала входит только плотность ρ . Не учтена когезия сыпучего материала, а как показывают исследования, она оказывает значительное влияние на характер поведения сыпучего материала. В зависимости от уровня сцепления между частицами сыпучий материал может себя вести подобно жидкости, оказывающей гидростатическое давление, у которой касательные напряжения между частицами среды стремятся к нулю при величине когезии меньше 3000 Н/м^2 , тем самым оказывая

максимальное давление распора. При величине когезии в диапазоне от 3000 до 5000 Н/м² сыпучий материал частично обладает свойствами жидкости, но с наличием связанности между частицами. Высокая связанность частиц сыпучего материала ведет к снижению уровня давления распора (при когезии выше 5000 Н/м²) [5]. Не учитывается и изменение объема под воздействием сдвиговых деформаций, наблюдаемое в зернистых материалах, называемое дилатансией.

Для использования формулы Янсена необходимы данные о величине коэффициента бокового распора. Рекомендуемые существующими нормами значения колеблются в весьма широких пределах. Так, для зернохранилищ по нормам России и Беларуси $K=0,4$, по нормам США $K=0,6$; в ФРГ в течение многих лет использовалось значение $K=0,3$, затем ввели $K=0,5$, причем эти значения предположительные [6]. Таким образом, в формуле Янсена вопрос о значении коэффициента бокового распора остается открытым. Кроме того, оставаясь в рамках этой схемы, невозможно оценить и ее точность. Экспериментальная же оценка точности наталкивается на ряд трудностей, связанных с зависимостью давления от податливости датчиков напряжений, стенок емкостей и большого количества факторов.

Несмотря на это, теория, изложенная Янсенем, получила дальнейшее развитие в работах многих отечественных и зарубежных ученых. Ее применяют и современные исследователи в своих работах [7].

Также из формулы (1) видно, что давление на вертикальные стенки от сыпучего материала стремится асимптотически к максимуму при увеличении уровня высоты засыпки $H = \infty$.

Формула для определения коэффициента бокового давления K была впервые выведена Кененом [8]:

$$K = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (2)$$

где φ – угол внутреннего трения.

Исходя из теории сыпучих сред, формулу осевого давления (1) можно записать так:

$$P_{oc} = \frac{\rho_0 R}{Kf}, \quad (3)$$

где $R = F/L$ гидравлический радиус поперечного сечения бункера.

Как показал опыт эксплуатации, формулы (3) для многих материалов дают заниженные значения, так как при выводе формул не учитывались явления динамики, связанные с неравномерностью распределения давления по периметру. Действительные нагрузки, превышающие теоретические по формуле Янсена, объясняются также явлением зависания материала на стенке в результате налипания его частиц на них. Необходимо учитывать и то, что при возрастании высоты засыпки, нижние слои материала подвергаются уплотнению под действием собственного веса, что оказывает влияние на характер распределения нагрузок по высоте.

Клейн Г.К. проводил исследования давления сыпучей среды на стенки сосуда, и по результатам аналитического исследования им была предложена формула для расчета давлений на основе формулы Янсена. Эта формула учитывает увеличение объемного веса насыпного

материала с возрастанием давления и показывает, что расчетные нагрузки могут быть больше, чем полученные по формуле Кенена, в зависимости от ряда условий.

Формула Г.К. Клейна [8] с учетом увеличения плотности при увеличении высоты засыпки имеет следующий вид:

$$P_{oc} = \frac{1 - e^{-\frac{\rho h H \left(B - \frac{LKf}{\rho F} \right)}}}{\frac{LKf}{\rho F} - B} g \quad (4)$$

при

$$B = \frac{1}{E} \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu} \right),$$

где E – модуль упругости; μ – коэффициент поперечной деформации; B – условный коэффициент, зависящий от μ и E .

Работа Р.Л. Зенкова носит более прикладной характер и направлена на решение задач, связанных с проектированием транспортных устройств для насыпных грузов. На основании формулы (1) Зенковым выведена обобщенная формула для расчета давления [9]. В свою формулу Зенков вводит высоту вертикальной свободно стоящей стенки H_0 и физико-механические свойства сыпучей среды

$$P_{oc} = \rho g [E(H - H_0) + H_0] \quad (5)$$

при

$$H_0 = \frac{2\tau_0}{\rho} \cdot \frac{\cos \alpha}{1 - \cos \alpha}; \quad E = \frac{1}{\frac{fKL}{F} H} \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{fKL}{F} H}} \right),$$

где τ_0 – начальное сопротивление сдвигу; α – угол внутреннего трения; E – коэффициент зависания; H – высота слоя засыпки сыпучих материалов; K – коэффициент бокового давления; f – коэффициент внешнего трения.

Для связанных сыпучих материалов выражение (5) имеет следующий вид:

$$P_{oc} = \frac{\rho R}{Kf} + \rho H_0. \quad (6)$$

Формулы для расчета давлений Г.К. Клейна и Р.Л. Зенкова не получили широкого распространения. Формулу Янсена пытались скорректировать и многие другие ученые, но и их работы не получили дальнейшего развития.

Сотрудниками ВНИИЖТа в работе [10] была представлена схема нагружения торцевой стены полувагона от действия сыпучего материала. В соответствии с ней на вертикальную плоскость действует суммарная нагрузка от активного статического и динамического давлений сыпучего материала. Равнодействующая динамического давления на единицу ширины торцевой стены предлагают определить по формуле

$$P_d = a\gamma h^2 \operatorname{ctg} \left(\frac{\varphi}{2} \right), \quad (7)$$

где a – продольное ускорение на высоте $(2/3)h$ от пола вагона в долях ускорения свободного падения g и равное $2g$; γ – насыпная плотность сыпучего материала; φ – угол естественного откоса сыпучего материала.

Применение такой схемы нагружения имеет одно существенное ограничение – она применима только для 4-осных полувагонов, так как указанное распределение продольных ускорений по высоте стены получено экспериментальным путем при продольной силе на автосцепке 2,5 МН для данного типа вагона.

А.В. Путьято в работе [5], на основании схемы ВНИИЖТа, разработал схему, которая предлагается как универсальная для любого типа грузового вагона. В разработанной им схеме на торцовую стену действует суммарная нагрузка от активного статического и расчетного динамического давления, ордината эпюры динамического давления при этом определяется не нормативным условным распределением продольных ускорений, а в зависимости от массы вагона и груза, высоты торцевой стены, ее расположения и величины продольной силы, приложенной к автосцепке:

$$P_{дл} = N\gamma \operatorname{ctg}\phi \left(1 - \frac{h_i}{h_0} \right) \frac{h_i - h_n}{k_m m_{бр}}, \quad (8)$$

где N – значение продольной силы, соответствующее расчетному режиму; h_i – расстояние от оси автосцепки до точки, в которой определяется давление; h_0 – расстояние от оси автосцепки до условной точки с ускорением, равным нулю; h_n – расстояние от оси автосцепки до нижней кромки груза; k_m – коэффициент приведенной массы; $m_{бр}$ – масса брутто вагона.

Недостаток нагружения по схеме (8) заключается в необходимости экспериментального определения значений h_0 и k_m для отдельных типов вагонов.

В настоящее время на территории стран Евразийского экономического союза силовые и граничные условия при выполнении прочностных расчетов новых конструкций кузовов грузовых вагонов и оценку остаточного ресурса кузовов вагонов, находящихся в эксплуатации, регламентирует [11, 12]. Применительно к загруженности кузовов вагонов сыпучими материалами в [11, 12] рекомендуется определять давление от перевозимого груза в соответствии с так называемой теорией Кулона, это наиболее распространенный подход в строительной механике сыпучих сред.

Активное (статическое) давление распора насыпного груза на единицу площади стенок кузова в общем случае исходя из требований [11] определяется по формуле

$$P_a = \frac{\gamma g y \sin(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}, \quad (9)$$

где γ – насыпная плотность груза; g – ускорение свободного падения; y – расстояние от поверхности груза до точки, в которой определяется давление; α – угол наклона стенки кузова к горизонту; ϕ – угол естественного откоса груза, образуемый поверхностью свободно насыпанного груза с горизонтальной плоскостью; δ – угол трения груза о металлические стенки кузова; β – угол наклона поверхности груза к горизонту.

Стоит отметить, что теория Кулона основана на ряде упрощений: сыпучее тело ограничено сверху горизонтальной плоскостью и целиком находится в состоянии предельного равновесия.

Одним из наиболее неблагоприятных режимов эксплуатации кузовов грузовых вагонов является удар. При

рассмотрении ударного режима нагружения кузовов грузовых вагонов необходимо руководствоваться нормативами [11, 12]. Торцевые стены кузова должны рассчитываться на равномерно распределенное по всей площади торцевой стены динамическое давление насыпного материала

$$N_{и.смп} = 0,35N \frac{m}{m_{ваг}}, \quad (10)$$

где N – значение продольной силы, приложенной к вагону; m – грузоподъемность вагона; $m_{ваг}$ – максимальная расчетная масса вагона.

В [12] предусмотрено применение еще одной формулы для определения силы инерции насыпного материала, возникающее при соударении вагонов от действия силы инерции массы груза, равное 0,35 грузоподъемности вагона при продольном ускорении $a_x = 3,5g$. Сила инерции

$$N_{и} = m a_x, \quad (11)$$

где m – масса груза.

На территории стран Европейского союза применяется стандарт [13], который регламентирует силы, действующие на бункера и сосуды. В соответствии со стандартом [13] нагрузка, действующая на элементы конструкции бункера от сыпучего материала, рассчитывается по формулам

$$p_{лф}(z) = p_{h0} Y_J(z); \quad (12)$$

$$p_{h0} = \gamma K z_0; \quad z_0 = \frac{1}{K\mu} \frac{A}{U}; \quad Y_J(z) = 1 - e^{-z/z_0},$$

где $Y_J(z)$ – функция изменения давления от высоты засыпки; γ – насыпная плотность сыпучего материала; K – значение коэффициента поперечного давления; z_0 – характеристическая глубина по теории Янсена; μ – коэффициент трения сыпучего материала о стенки бункера; A – площадь поперечного сечения вертикального сегмента бункера; U – периметр поперечного сечения вертикального сегмента бункера; z – глубина засыпки.

Зависимость для определения давления (12) имеет те же недостатки, что и теория Янсена, так как она базируется на данной теории.

Моделирование сыпучей среды. В настоящий момент существует два основных подхода к моделированию сыпучих сред, которые существенно отличаются друг от друга:

- моделирование сыпучего тела как сплошной среды (континуальная система, метод конечных элементов);
- твердотельная модель сыпучей среды (дискретная модель, состоящая из частиц-гранул, метод дискретных элементов).

При реализации первого подхода широкое распространение получил метод конечных элементов с различными вариантами математического описания поведения материала сыпучей среды. К таким вариантам относятся представление сыпучей среды, описываемое уравнениями механики деформируемого тела в упругой постановке с учетом приведенных характеристик материала (модуль упругости, плотность, коэффициент Пуассона); описание поведения сыпучей среды на основе уравнений гидромеханики; применение модели материала Друкера-Прагера, описывающей пластическое деформирование среды и пр.

Второй подход основан на использовании законов механики твердого тела. Сыпучая среда моделируется конечным числом частиц (гранул), которые взаимодействуют между собой. Частицы такой среды, как правило, являются абсолютно твердыми телами. Первым приближением такой гранулярной среды является система твердых сферических тел в пространстве (3D) или кругов в плоскости (2D), также в качестве частиц могут использоваться плоские или объемные многоугольники, в зависимости от определенных условий конкретной задачи. Контакт между телами возникает при пересечении границ тел и приводит к возникновению сил контактного взаимодействия, при отсутствии контакта тела считаются невзаимодействующими. Контактные взаимодействия могут быть описаны весьма разнообразно: в соответствии с законом Кулона или законом Герца, упруго-диссипативно.

Метод гидродинамики сглаженных частиц может использоваться для моделирования сплошных сред, он основан на подходе Лагранжа и составляет одно семейство численных методов с методом дискретных элементов. При сопряжении метода вычислительной гидродинамики с методом дискретных элементов можно получить альтернативный подход, он будет относиться к семейству сеточных методов, основанных на подходе Эйлера.

Каждый из описанных подходов имеет свои достоинства и недостатки. Первый метод не учитывает геометрические характеристики гранул сыпучей среды и их взаимодействие между собой. Метод дискретных элементов учитывает геометрию гранул и их взаимодействие, но требует очень интенсивных компьютерных вычислений. В рамках метода дискретных элементов могут быть смоделированы мультифазные течения, такие как проникание газа или жидкости в подвижный сыпучий материал.

Метод дискретных элементов обладает большим потенциалом как инструмент, позволяющий моделировать сыпучие среды. Как уже отмечалось выше, он опирается на мощные вычислительные ресурсы и сложные алгоритмы. Данный метод не является новым, однако он начал свое интенсивное развитие лишь несколько лет назад, что обусловлено достижением необходимого уровня развития как вычислительной техники, так и методов программирования. На сегодняшний день существует ряд программных пакетов, позволяющих без существенных затрат решать задачи легкого и среднего уровня, то есть тот инструмент, который позволяет изучить поведение сыпучей среды, не занимаясь непосредственно крупномасштабным промышленным моделированием.

Получено 17.05.2018

P. M. Afanaskov. Interaction of bulk cargo with the car body.

The main approaches in the field of static and dynamics of bulk materials have been considered, which allow estimating the load acting on the end and side walls of the car body intended for transportation of bulk cargo. The advantages and disadvantages of the estimation considered methods have been indicated. The basic approaches applied to modeling of granular medium have been considered.

Выводы.

1 Рассмотрены основные подходы в области исследования статики и динамики сыпучих материалов, решающие задачу нагружения вертикальных и наклонных элементов конструкций от воздействия сыпучего материала.

2 Приведено описание основных методов моделирования сыпучих сред.

3 Представлены недостатки современных подходов, позволяющих оценивать нагрузки, возникающие в вертикальных и наклонных элементах конструкций под воздействием сыпучего материала.

Список литературы

1 **Senko, V.** Evaluation of stress-strain state bodies of the hopper cars, taking into account the impact of bulk cargo / V. Senko, A. Pignonov, P. Afanaskou // *Mechanika*. – 2017. – P. 331–335.

2 **Пигунов, А. В.** Несущая способность кузовов грузовых вагонов для перевозки сыпучих грузов с учетом современных требований к прочности / А. В. Пигунов, П. М. Афанаськов, П. М. Буйленков // *Актуальные вопросы машиноведения*. – 2017. – № 6. – С. 210–214.

3 **Conlomb, C. A.** Essai sur une application des regies des maximes et minimus a quelques problemes de statique relatifs a architecture / C. A. Conlomb // *Mem. Acad. Raj. Press. Divers Savants*. – 1776. – P. 7.

4 **Jansen, H. A.** Versuche uber Getreidedruck in Silozellen / H. A. Jansen // *Z.d.VDI*. – 1895. – № 35. – P. 1045–1049.

5 **Путятю, А. В.** Теория и практика совершенствования конструкций кузовов вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами / А. В. Путятю. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 295 с.

6 **Таймер, О. Ф.** Аварии железобетонных силосов зерновых элеваторов / О. Ф. Таймер // *Конструирование и технология машиностроения*. – 1969. – № 2. – С. 181.

7 **Rusinek, R.** Influence of moisture content on pressure ratio of rape seeds / R. Rusinek, J. Lukaszuk // *Research Agricultural Engineering*. – 2004. – № 50 (1). – P. 11–14.

8 **Мазарский, С. М.** Силосные склады древесной щепы / С. М. Мазарский. – М. : Всесоюз. науч.-исслед. и проект. ин-т эконом., организ. управл. произв. и информ. по лесной, целлюлозно-бум. и деревообр. пром., 1971. – 41 с.

9 **Зенков, Р. Л.** Механика насыпных грузов / Р. Л. Зенков. – М. : Машиностроение, 1964. – 241 с.

10 **Шаринов, И. Л.** Определение давления сыпучего груза на торцовые стены вагона при соударении / И. Л. Шаринов // *Вестник ВНИИЖТ*. – 1981. – № 7. – С. 87–89.

11 *Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам : ГОСТ 33211–2014*. – Введ. 2017-06-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.

12 *Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)*. – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

13 *Actions on structures – Part 4: Silos and tanks : EN 1991-4*. – 2006. – 107 p.

УДК 629.42.053

В. В. БУРЧЕНКОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ГОРОЧНОГО ТЕПЛОВОЗА

Определены характеристики работы горочного локомотива в режиме тяги и торможения, влияющие на скорость надвига и роспуска составов. Осуществлены исследования условий работы и определены структурные схемы регулирования для противоразгрузочного аппарата и реостатного тормоза, повышающих эффективность действия системы автоматического управления горочным тепловозом.

Основными элементами полурейса горочного тепловоза, определяющими эффективность применения переменной скорости роспуска, является разгон и торможение. Реализация переменной скорости роспуска обуславливает работу горочных тепловозов на предельных характеристиках по сцеплению. В этих условиях резко возрастают требования к локомотивным системам автоматического регулирования мощности, системам предотвращения и прекращения боксования.

Одним из путей повышения эффективности использования сцепного веса маневровых тепловозов в режиме увеличения скорости движения является оборудование их противоразгрузочными аппаратами (догрузателями), позволяющими уменьшить разброс нагрузки на колесные пары локомотива, возникающий вследствие воздействия опрокидывающего момента в режиме тяги.

Учитывая специфику маневровой и горочной работы, в которой определяющим элементом является замедление, развиваемое тепловозом, весьма актуальной становится задача автоматизации управления реостатным тормозом маневрового тепловоза, что приводит к повышению эффективности реализации тормозной силы при уменьшении скорости движения и устойчивости работы локомотива, а также сокращению расхода топлива и облегчению управления тепловозом.

Выбор закона управления противоразгрузочным аппаратом локомотива. Автоматизация управления противоразгрузочными аппаратами является частью общей задачи автоматизации управления тепловозом по скорости.

Принцип построения устройства автоматического управления противоразгрузочным аппаратом тепловоза основан на оценке силы тяги локомотива по соотношению между его скоростью движения и частотой вращения вала дизеля.

По тяговым характеристикам тепловоза для каждой позиции дизеля можно указать скорость движения, при которой сила тяги тепловоза равна силе сцепления его колес с рельсами. Используя расчетную зависимость тока нагрузки от скорости движения и учитывая как более жесткое условие ток длительного режима вместо ограничения по сцеплению, можно определить область действия догрузателей. Из анализа результатов испытаний, проведенных на тепловозе ТЭМ7, установлено, что при токах нагрузки тягового генератора менее 3200 А боксование не возникает [1]. При такой нагрузке ток одного тягового электродвигателя (ТЭД) будет со-

ставлять 400 А. Расчетная скорость движения тепловоза при таком токе будет составлять свыше 8,3 м/с, а такую скорость боксующие колесные пары развить не могут даже при одновременном боксовании всех колесных пар. Из зависимости тока нагрузки тепловоза ТЭМ7 от скорости движения следует, что при наборе третьей позиции догрузатель должен быть включен до момента достижения тепловозом скорости v_3 , при наборе четвертой позиции – соответственно v_4 и т.д.

Результаты исследования процесса изменения тока нагрузки в период набора позиций и увеличения скорости движения показали, что включение каждой позиции вызывает быстрое увеличение тока нагрузки. Изменение тока тягового генератора при наборе первой, второй, третьей позиций практически линейно в течение 1,0–1,2 с и составляет 1500–2000 А/с. Затем интенсивность изменения тока нагрузки уменьшается по параболической зависимости, достигая нулевого значения при максимальной силе тяги, соответствующей данной позиции. При дальнейшем увеличении скорости движения ток нагрузки уменьшается, изменяясь по гиперболической характеристике, и стабилизируется при достижении равновесной скорости. Таким образом, при наборе каждой позиции контроллера имеет место один полупериод колебаний тягового тока τ_t , составляющий 2–9 с (измеряется при величине тока, равной 0,5 амплитудного значения броска тока), причем длительность полупериода колебания зависит от тока нагрузки и растет с увеличением последнего (рисунок 1).

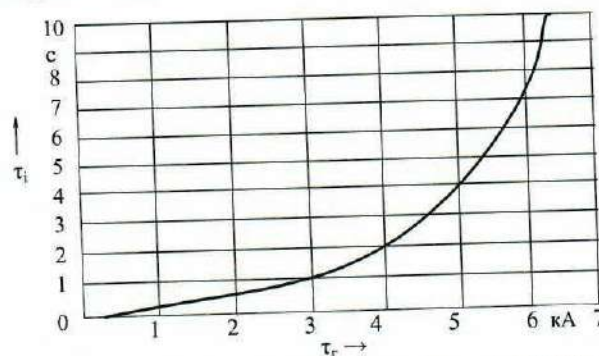


Рисунок 1 – Зависимость полупериода колебаний τ_t от тягового тока i_t

Для исключения вертикальных динамических колебаний кузова тепловоза и повышения устойчивости работы догрузателя управляющее устройство должно иметь интегрирующее звено с постоянной времени T_n , которая определится из неравенства $T_n \geq \tau_t$, при $i_t > 6400$ А.

Из тяговых характеристик тепловоза можно определить диапазон скоростей, при которых догрузатель необходимо включить. Он составляет 0–2,9 м/с, то есть от скорости трогания состава с места до скорости движения состава, при которой бокование исключается.

Приведенные результаты исследований позволили для управляющего устройства составить уравнения:

1) измерительного преобразователя –

$$U_{1н} = K_{1н} i_{вы}; \quad (1)$$

2) ограничителя –

$$U_{3н} = \begin{cases} C_2 & \text{при } U_{2н} > \alpha_2; \\ K_{3н} U_{2н} - C_1 & \text{при } \alpha_1 < U_{2н} < \alpha_2; \\ 0 & \text{при } 0 < U_{2н} < \alpha_1. \end{cases} \quad (2)$$

3) интегрирующего звена –

$$U_{2н} = \frac{dU_{2н}}{dt} = \frac{K_{2н}}{T_n} U_{1н}; \quad (3)$$

4) релейного элемента –

$$U_{1н} = \begin{cases} K_{1н} i_{вы} & \text{при } v_T < b; \\ 0 & \text{при } v_T > b; \end{cases} \quad (4)$$

5) усилителя –

$$U_{4н} = K_{3н} U_{3н}; \quad (5)$$

6) исполнительного аппарата –

$$\frac{dfg}{dt} = \frac{K_a}{T_a} U_{4н} - \frac{1}{T_a} f_g. \quad (6)$$

В выражениях (1–6) приняты следующие обозначения: T_a , K_a и f_g – постоянная времени, коэффициент усиления и усилие самого догрузателя, являющегося апериодическим звеном первого порядка; $K_{1н}$ – коэффициент усиления измерительного преобразователя; α_1 и α_2 – коэффициенты ограничителя, обеспечивающего постоянный коэффициент усиления в диапазоне токов нагрузки 3200–6400 А; T_n и $K_{2н}$ – постоянная времени и коэффициент усиления интегрирующего звена; T_c и K_c – параметры поезда.

На основании уравнений (1)–(6) составлена структурная схема (рисунок 2), на которой управляющее устройство представлено разомкнутой САУ по возмущению для двух управляющих воздействий: тока нагрузки $i_{вы}$ и фактической скорости тепловоза v_T .

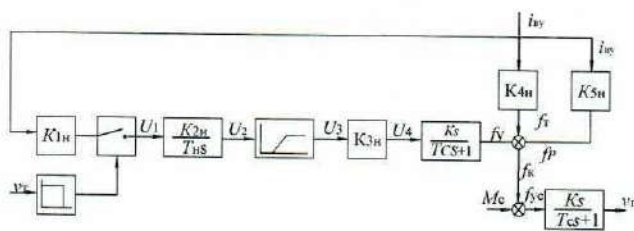


Рисунок 2 – Структурная схема устройства автоматического управления догрузателем

Опустив промежуточные операторные преобразования Лапласа зависимость f_g в функции тока нагрузки можно представить в следующем виде:

$$f_g(s) = \begin{cases} \left(\frac{K_{1н} K_{2н} K_{3н} i_{вы}}{T_n s} - C_1 \right) K_{3н} \frac{K_a}{T_a s + 1} & \text{при } \alpha_1 < U_{2н} < \alpha_2; \\ K_{3н} C_2 \frac{K_a}{T_a s + 1} & \text{при } \alpha_2 < U_{2н}; \\ 0 & \text{при } 0 < U_{2н} < \alpha_1. \end{cases} \quad (7)$$

Для максимального использования касательной силы тяги необходимо соблюдение тождества

$$f_g = K_{4н} i_{вы}, \quad (8)$$

где $K_{4н}$ – коэффициент, обусловленный конструктивными особенностями тележки локомотива, способом установки ТЭД и догрузателей.

Совместное решение уравнений (7) и (8) позволило определить параметры управляющего устройства для догрузателя. Для тепловоза ТЭМ7А расчетное значение коэффициента $K_{4н}$ составляет 0,08, а с учетом коэффициента преобразования по току величина $K_{4н}$ принята равной 0,004. Величины остальных параметров устройства автоматического управления догрузателем рассчитаны из условий номинального тока нагрузки, равного 6400 А, силы тяги, равной 540 кН и с учетом ранее указанных ограничений. Численные значения этих параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры управляющего устройства для догрузателя

$K_{1н}$	$K_{2н}$	$K_{3н}$	$K_{4н}$	$K_{5н}$	$K_{6н}$	T_a
0,001	1,0	5	0,004	3,38	0,05	4,2
α_1	α_2	C_1	C_2	T_n	K_a	–
2,95	5,9	10	10	9,1	0,864	–

Расчеты, проведенные по выражениям (7), (8) с использованием параметров, приведенных в таблице 1, показали, что использование устройства автоматического управления догрузателем позволяет дополнительно реализовать до 45 кН силы тяги, развиваемой локомотивами.

Выбор закона управления торможением горочного локомотива. Работа горочного локомотива характеризуется многократными режимами увеличения и уменьшения силы тяги, а также режимами торможения. Пневматические тормоза состава при этом не подключены, а используется только тормозная сила локомотива, что приводит к интенсивному износу его тормозных колодок. Пневматические тормоза имеют замедление на срабатывание 3,5–4,0 с и низкую эффективность, что существенно снижает производительность локомотива при выполнении операций горочного цикла. В связи с этим большое значение имеет использование в горочной работе тепловозов с электродинамическим или реостатным торможением, позволяющим в течение 0,4–1,0 с переходить из режима тяги в режим торможения и обратно. При реостатном торможении ТЭД работают в генераторном режиме, благодаря чему и создается тормозное усилие на осях тепловоза.

Силовая часть электрического тормоза образуется путем включения обмоток якорей ТЭД на индивидуальные тормозные резисторы и последовательным соединением обмоток возбуждения всех восьми ТЭД, подключаемым к выпрямительной установке ВУ.

Тормозное усилие на валу ТЭД, работающего в генераторном режиме, определяется из выражения [2]

$$B_T = m i_a \left(\frac{e}{n_{дв}} \right) K_M K_{пер} \frac{n_{a1}}{D_K} \cdot \frac{60}{\pi} \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

а скорость тепловоза

$$v_T = 0,188 \frac{i_a R_T D_K}{\left(\frac{e}{n_{дв}} \right) \eta_{д1}}, \quad (10)$$

где m – количество тяговых электродвигателей; i_a – ток якоря ТЭД; e – электродвижущая сила ТЭД; R_T – суммарное сопротивление цепи якоря; $\eta_{д1}$ – передаточное отношение тягового редуктора; K_M – коэффициент, учитывающий потери момента в двигателе, обычно принимается $K_M = 1,03$; $K_{пер}$ – коэффициент, учитывающий потери момента в редукторе, $K_{пер} = 1,025$.

Приведенные формулы (9), (10) позволяют определить все параметры реостатного тормоза по двум известным параметрам в любой их комбинации. Предельные значения тормозного усилия определяются при известных параметрах, в качестве которых использованы скорость движения тепловоза и ток возбуждения ТЭД. Величина тока якоря ТЭД определяется путем графического решения уравнения (9) и семейства нелинейных зависимостей $e/n = f(AW)$, являющихся нагрузочными характеристиками ТЭД.

Величина каждого индивидуального тормозного сопротивления изменяется ступенчато: 0,3 Ом для первой ступени, 0,2 Ом – для второй, 0,1 Ом – для третьей и равной нулю для четвертой ступени (режима электрического стопорения). Результаты расчета тока ТЭД и тормозного усилия при токе возбуждения, равном 705 А, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета зависимости тормозного усилия от скорости роспуска при токе возбуждения 705 А

v_T , М/с	$R_T = 0,3$		$R_T = 0,2$		$R_T = 0,1$		$R_T = 0$	
	$I_{дв}$, А	B_{T1} , кН	$I_{дв}$, А	B_{T2} , кН	$I_{дв}$, А	B_{T3} , кН	$I_{дв}$, А	B_{T4} , кН
4,0	600	223	900	335	1300	396	–	–
3,5	490	169	790	289	1020	256	–	–
3,0	410	136	680	244	985	334	–	–
2,5	350	113	550	193	900	292	–	–
2,0	270	84	470	162	740	235	–	–
1,5	180	53	300	101	600	157	1300	370
1,0	90	26	180	58	390	118	1220	347
0,5	60	17	100	31	250	98	1080	300

На основании таблицы 2 построены зависимости тормозного усилия от скорости, приведенные на рисунке 3. Кривые 1, 2, 3, 4 соответствуют тормозным усилиям β_{T1} , β_{T2} , β_{T3} и β_{T4} при токе возбуждения, равном 405 А, а кривые 1', 2', 3' и 4' – величинам тормозного усилия при токе возбуждения 705 А. Из анализа

этих зависимостей следует, что тормозное усилие уменьшается по мере уменьшения скорости.

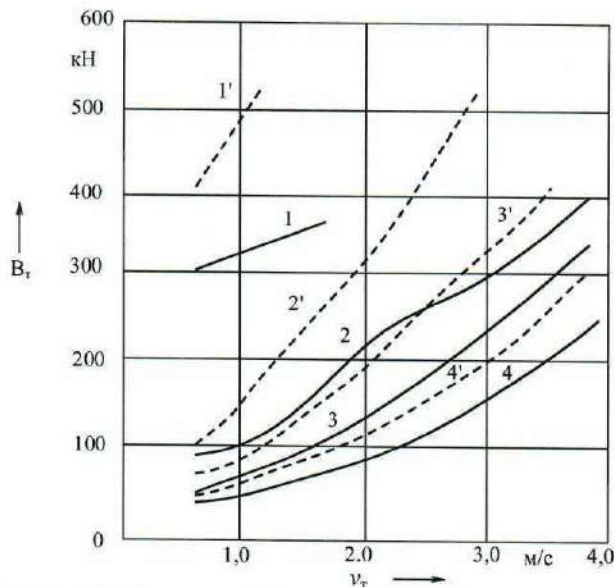


Рисунок 3 – Зависимости тормозной силы B_T от скорости движения v_T

Приведенные характеристики тормозной силы (см. таблицу 2 и рисунок 3) позволяют определить структуру исполнительного устройства реостатного торможения и составить уравнения управляющего устройства. Для остановочного торможения необходимо использование максимальной тормозной силы. Это позволяет существенно упростить алгоритм управления, поскольку точное регулирование силы B_T при уменьшении скорости нецелесообразно [2].

Проведенные исследования позволили сформировать следующие уравнения для управляющего устройства САР реостатного тормоза:

$$U_{2T} = \begin{cases} C_{2T} - K_{2T} K_{1T} i_{вы} & \text{при } \epsilon_d < C_{1T}; \\ 0 & \text{при } \epsilon_d > C_{1T}; \end{cases} \quad (11)$$

$$U_{KT} = \begin{cases} C_{3T} & \text{при } U_{2T} < \gamma_1; \\ 0 & \text{при } \gamma_1 < U_{2T} < \gamma_2; \\ C_{4T} & \text{при } U_{2T} > \gamma_2. \end{cases} \quad (12)$$

Структурная схема САР реостатным торможением приведена на рисунке 4. Исполнительное устройство предоставлено операторами: $W_{гт}$ – САР тягового генератора; $W_{д}$ – САР дизеля; $W_{дв}$ – тяговые электродвигатели; локомотив с составом – передаточной функцией $Ks/(T_c s + 1)$ в соответствии с [3].

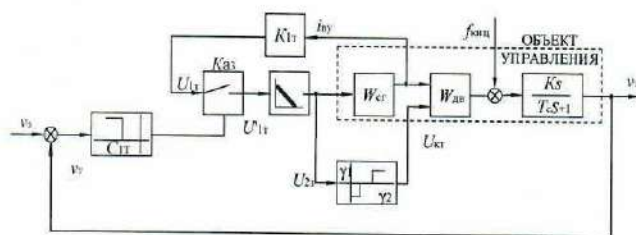


Рисунок 4 – Структурная схема устройства автоматического управления реостатным тормозом

Величины коэффициентов K_{1r} и K_{2r} , константы управляющего устройства $C_{1r} - C_{4r}$, γ_{1r} и γ_{2r} приведены в таблице 3. Константы C_{br} и C_{4r} определены с учетом особенностей исполнительного устройства управления тормозными контакторами. Выходной сигнал U_{kr} увеличивается на единицу, если $U_{2r} > v_2$, уменьшается на единицу, если $U_{2r} < v_1$, и не изменяется, если $v_1 < U_{2r} < v_2$.

Таблица 3 – Параметры САР реостатным торможением

K_{1r}	K_{2r}	C_{1r}	C_{2r}	C_{3r}	C_{4r}	γ_1	γ_2
0,007	0,6	0,83	6,0	110	110	0,2	3,0

На основании уравнений (7), (11), (12), а также уравнений САР дизеля и тягового генератора (12), (13) из [3], разработана структурная схема системы автоматического

управления горючим тепловозом САУ ГТ, включающая в себя контуры управления дизелем, тяговым генератором, догрузателями и реостатным тормозом, приведенная на рисунке 5. Ключи Кл₁, Кл₂ и Кл₃ обеспечивают изменение структуры системы при изменении режима работы локомотива. Ключом Кл₁ замыкается контур дискретного управления дизелем в режиме тяги. Если регулируемая координата v_r находится в пределах допуска $\pm B$, то этот контур разомкнут, и регулирование скорости осуществляется посредством регулирования тока нагрузки тягового генератора СГ. Ключом Кл₂ замыкается контур управления догрузателем при работе локомотива с малыми скоростями и большими величинами тока нагрузки. Ключ Кл₃ замыкается в режиме реостатного торможения.

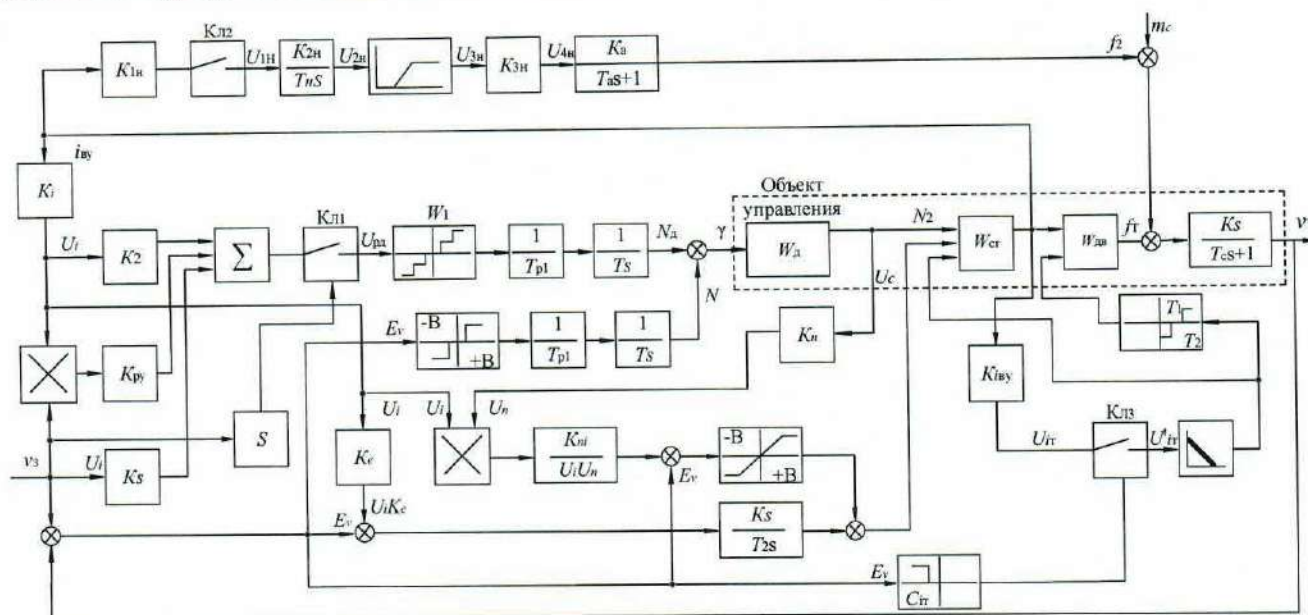


Рисунок 5 – Структурная схема САУ ГТ

Выводы. Использование предложенного устройства автоматического управления догрузателем позволяет дополнительно реализовать до 45 кН силы тяги, развиваемой локомотивом. Система автоматического управления реостатным тормозом обеспечивает регулировочное подтормаживание для перехода с более высокой скорости движения на более низкую, а также остановочное торможение по предельным характеристикам. Эти усовершенствования позволяют реализовать системой САУГТ ускорения 0,05–0,07 м/с², что повышает эффективность реализации переменных скоростей релаксации составов на сортировочных горках.

Получено 07.05.2018

V. V. Burchankou. Improvement of the characteristics of the automatics regulation system of the locomotives speed.

The characteristics of the operation of a mountain locomotive in the regime of traction and braking, affecting the speed of thrust and dissolution of the train have been determined. The research of operating conditions has been carried out and the structural regulating schemes for the anti-handling device and the rheostat brake have been determined, which increase the efficiency of the automatic control system of a diesel locomotive.

Список литературы

- 1 Бурченков, В. В. Автоматизация управления противозагрузочным аппаратом тепловоза ТЭМ7 // Локомотивы и локомотивное хозяйство. Научно-технический реферативный сборник. – М. : ЦНИИ ТЭИ, 1982. – Вып. 1. – С. 27–30.
- 2 Колесник, И. К. Электропередачи тепловозов на переменном-постоянном токе // И. К. Колесник. – М. : Транспорт, 1978. – 149 с.
- 3 Бурченков, В. В. Оптимизация параметров регулятора скорости горючего тепловоза / В. В. Бурченков // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – С. 24–26.

УДК 656.254.16: 629.783

В. Г. ШЕВЧУК, доцент, Р. А. СОЛОВЬЕВ, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; С. В. КРИВЕНКОВ, инженер, Гомельская дистанция сигнализации и связи Белорусской железной дороги, г. Гомель; М. П. СТОЦКИЙ, магистр технических наук, Белорусская железная дорога, г. Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ В РАДИОТЕЛЕФОННОМ ТРАКТЕ МЕТОДАМИ АРТИКУЛЯЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Приведены результаты исследований разборчивости речи методами артикуляционных измерений аналогового и цифрового радиотелефонного трактов, с применением созданной компьютерной программы, которая может работать непосредственно с речевым сигналом, снятым с подключенного к компьютеру микрофона и оцифрованным 13-разрядным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) звуковой карты компьютера. Результаты исследования артикуляции звуков, слов и фраз показали, что наибольшее значение имеет исследование фразовой артикуляции, так как человеческая речь логична и имеет смысл.

Основными требованиями к качеству принимаемой речевой информации по радиотелефонному тракту являются **понятность, громкость и натуральность речи**, однако определяющим всегда является понятность, т. к. если она не обеспечивается, тракт будет считаться не пригодным к эксплуатации. Определяется **понятность речи** относительным количеством безошибочно принятых специально тренированными слушателями (артикулянтами) элементов речи из общего числа переданных по тракту, т. е. **артикуляцией** [1].

Согласно рекомендациям ССПТ существует пять классов качества воспроизведения речи, каждый из которых определяется по артикуляции звуков (D) и слов (W) и характеризуется параметрами, приведенными в таблице 1. Пригодными для эксплуатации признаются тракты связи, имеющие классы качества воспроизведения речи I–IV, т. е. E, G, F, P. Тракты связи, имеющие класс качества V или B считаются непригодными для эксплуатации, т. к. обладают звуковой артикуляцией менее 60 % [2].

Таблица 1 – Классы качества трактов связи

Класс качества	Определения качества воспроизведения	Артикуляция звуков (D), %	Артикуляция слов (W), %
I или E	Понимание передаваемой речи без малейшего напряжения внимания	≥ 90	≥ 95
II или G	Понимание передаваемой речи без затруднений	85–90	92–95
III или F	Понимание передаваемой речи с напряжением внимания без переспросов и повторений	78–85	87–92
IV или P	Понимание передаваемой речи с большим напряжением внимания, переспросами и повторениями	60–78	62–87
V или B	Полная неразборчивость связанной речи (срыв связи)	≤ 60	≤ 62

На качество приёма речевой информации могут оказывать влияние акустические и электрические шумы. Под акустическим шумом подразумевается шум помещения, в котором в момент разговора расположен мобильный телефон или станция (MS).

Под электрическим шумом подразумевается шум, вызываемый посторонними токами, возникающими в

самой микротелефонной трубке. Электрические шумы в микротелефонных трубках могут создаваться:

- стационарным оборудованием;
- высоковольтными линиями электрифицированных железных дорог;
- переходными разговорами и др.

Исследования разборчивости речи методами артикуляционных измерений делятся на три этапа [14]:

- исследования артикуляции звуков;
- исследования артикуляции слов;
- исследования артикуляции фраз.

При исследовании артикуляции звуков диктор передает по тракту радиосвязи четыре таблицы звукоочетаний (по 31 звукоочетанию в каждой таблице), в то время как второй артикулянт слушает и ведёт запись. В одном таком исследовании используются одни и те же четыре таблицы. Разница заключается в том, что при внесении все большего процента ошибок эти четыре таблицы начитываются каждый раз в разных последовательностях, создавая различные комбинации звукоочетаний, что не позволяет слушающему артикулянту догадаться, какое звукоочетание будет следующим. После артикулянты меняются, и тот, что слушал, начинает диктовать новые четыре таблицы, снова увеличивая процент ошибок и изменяя последовательности звукоочетаний, а тот, кто диктовал, ведет уже новую запись.

Таким образом, в одном исследовании зачитываются восемь таблиц, и полученные результаты усредняются, делая полученную артикуляцию более достоверной. Кроме того, достигается полная неповторимость каждого исследования.

При исследовании артикуляции слов принцип остается тот же, что и при исследовании артикуляции звуков. Разница лишь заключается в том, что таблицы слов содержат по 40 слов вместо 31, тем самым увеличивая длительность измерений и точность результатов.

При исследовании фразовой артикуляции принцип также не меняется, но начитываются 4 таблицы по 10 фраз в каждой.

За счет адаптации дежурного по станции (ДСП) и поездного диспетчера (ДНЦ) к характеру служебных переговоров восприятие их фразовой артикуляции возрастает приблизительно на 20 % [2]. Поэтому минимально допустимые нормы артикуляции речи для поездной радиосвязи существенно отличаются от допустимых величин на коммерческих сетях связи.

В используемой для проведенных исследований компьютерной программе ошибки в битовый поток вносились двумя различными способами: генератором Marsaglia Multicarry и равномерно. Таким образом, каждое исследование, в свою очередь, делилось еще на два подисследования, в которых по возможности также использовались различные артикуляционные таблицы.

Кроме того, исследования проводились на двух железнодорожных участках: на станции Новобелицкая и на Моховом переезде (пересечение ул. Гагарина и ул. Лещинская). Данные участки характеризуются различным уровнем шума: на переезде в связи с интенсивным движением автомобилей, а также регулярным движением поездов, значительно более шумно, чем на станции, и слышать одно и то же речевое сообщение в данных обстоятельствах, при прочих равных, значительно проблематичнее. Это в свою очередь сказывалось на приеме речевых сообщений, тем самым приблизив «атмосферу исследований» к «атмосфере работы» обслуживающего персонала Белорусской железной дороги.

Результаты исследования звуковой артикуляции в виде столбцовых диаграмм, отражающих зависимость средних значений звуковой артикуляции (D_{cp}) от процента битовых ошибок различными методами на станции и переезде и изменение качества радиотракта с увеличением процента ошибок дано на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Зависимость значений звуковой артикуляции (D) от процента ошибок методами генератора и равномерной ошибки при исследовании на станции



Рисунок 2 – Зависимость значений звуковой артикуляции (D) от процента ошибок методами генератора и равномерной ошибки при исследовании на переезде

Несмотря на то, что при 1 % битовых ошибок радиоканал на станции значительно ухудшается с класса I (E) до класса IV (P), при 2 % ошибок, звуковая артикуляция на станции достигает 79 %, что без малого соответствует III (F) классу качества радиотракта. Данная картина является полной противоположностью картины на переезде, т. к. там уже при 2 % битовых ошибок артикуляция переходит за критическую отметку, относя радиотракт к V (B) классу качества, признавая его непригодным к эксплуатации (срыв связи).

На рисунках 3 и 4 приведены результаты исследований артикуляции слов в виде столбцовых диаграмм, отражающих зависимость средних значений артикуляции слов (W_{cp}) от процента битовых ошибок при исследовании на станции и переезде, а также указан класс качества радиотракта.

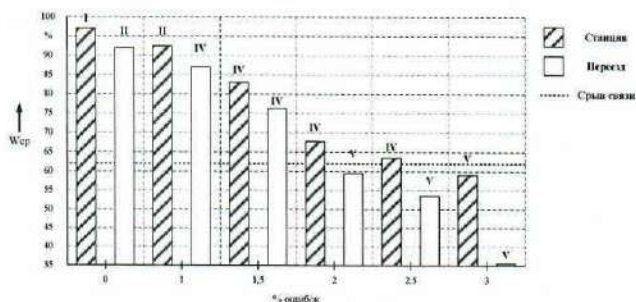


Рисунок 3 – Зависимость значений артикуляции слов (W) от процента битовых ошибок методом генератора при исследовании на станции и переезде

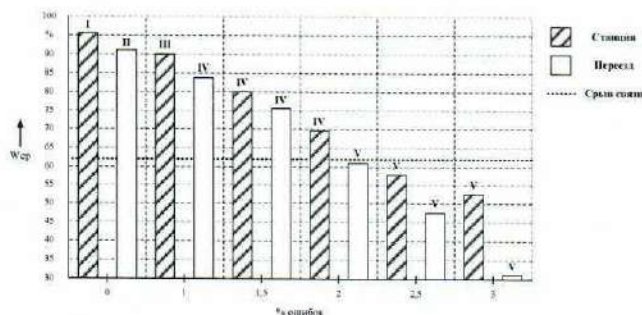


Рисунок 4 – Зависимость значений артикуляции слов (W) от процента битовых ошибок методом равномерной ошибки при исследовании на станции и переезде

Для исследования артикуляции слов приведены столбцовые диаграммы зависимостей исследований между станцией и переездом, а не между различными методами внесения битовой ошибки, что более наглядно демонстрирует разницу между полученной артикуляцией слов в сравнении с исследованием артикуляции звукоочетаний.

На приведенных диаграммах наглядно продемонстрировано, что артикуляция слов постоянно уменьшается с увеличением процента ошибок как на станции, так и на переезде, причем характер понижения артикуляции на переезде значительно более крутой, чем на станции. Об этом можно судить хотя бы даже исходя из того, что на переезде класс качества радиотракта II и ниже даже без внесения битовых ошибок, в то время как на станции качество радиотракта оценено классом E. Данный эффект можно объяснить тем, что на железнодорожном переезде уровень шума выше, чем на железнодорожной станции.

В сравнении с исследованием артикуляции звуков, где критическим для станции является значение процента битовых ошибок, равное 3,5 %, в исследовании артикуляции слов критическим для станции уже является значение в 2,5 %. Для переезда критическим значением битовых ошибок в исследовании артикуляции звуков и артикуляции слов является значение в 2 %.

Таким образом, опираясь на результаты исследования артикуляции слов, а также предыдущие исследования артикуляции звуков, можно в целом констатировать тот факт, что качество радиоканала на переезде значительно уступает качеству радиоканала на станции.

Результаты исследований фразовой артикуляции представлены в виде столбчатых диаграмм, отражающих зависимость средних значений артикуляции фраз (F_{cp}) от процента битовых ошибок при исследовании на станции и переезде (рисунки 5 и 6).

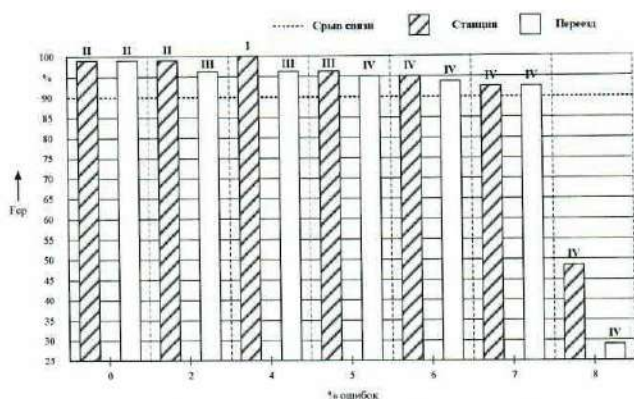


Рисунок 5 – Зависимость значений фразовой артикуляции (F) от процента битовых ошибок методом генератора при исследовании на станции и переезде

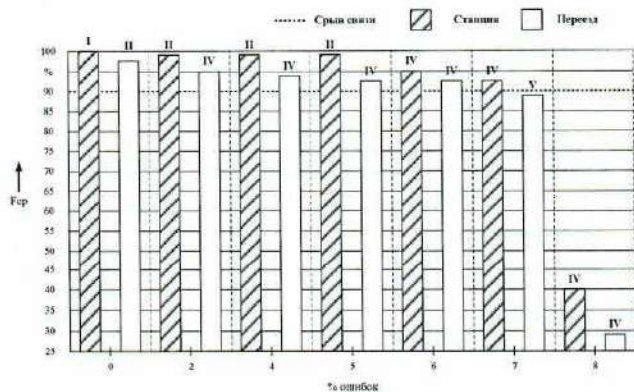


Рисунок 6 – Зависимость значений фразовой артикуляции (F) от процента битовых ошибок методом равномерной ошибки при исследовании на станции и переезде

Получено 20.09.2017

V. G. Shevchuk, R. A. Soloviev, S. V. Krivenkov, M. P. Stotski. A study of the intelligibility of speech in radiotelephony tract with articulation measurements methods.

The results of the research on the intelligibility of speech with articulatory methods of measurements of analog and digital radio, using the computer program, which can run directly from the speech signal taken from your computer's microphone and digitized with 13-bit analog-to-digital Converter (ADC) computer's sound card have been given. The results of the study of the articulation of sounds, words and phrases have showed that the highest value is the study phrasal articulation, because human speech is logical and makes sense.

Исходя из результатов данного исследования, можно сделать вывод о том, что фразовая артикуляция значительно меньше подвержена искажениям и воздействиям акустических шумов, чем артикуляция звуков и слов. Данное обстоятельство, в свою очередь, положительно сказывается на характере качества связи.

Как можно видеть из приведенных диаграмм, фразовая артикуляция находится в пределах нормы даже при 7 % битовых ошибок, что для предыдущих исследований звуков и слов было бы неприемлемо. Однако в результате того, что к фразовой артикуляции предъявляются более жёсткие требования, класс качества цифрового радиотракта по результатам данных исследований даже в оптимальных условиях, то есть на станции и без внесения битовых ошибок, оценивается как II или G. Не исключено, что данное обстоятельство связано с тем, что в каждом исследовании использовались тесты лишь по 40 фраз и команд. Возможно, если бы использовалось большее число тестов, результаты исследования фразовой артикуляции изменились бы в лучшую сторону.

Опираясь на результаты исследования артикуляции звуков, слов и фраз, можно утверждать, что наибольшее значение несет исследование фразовой артикуляции, так как человеческая речь логична и имеет смысл. Слова в предложении связаны между собой, и аудитор, расслышав лишь часть речевого сообщения, может догадаться о сути сказанного по контексту и верно принятым словам.

Если же речь будет не связанной, а последовательность слов не имеет никакого смысла, аудитору будет значительно сложнее разобрать даже четко расслышанную речь. Несмотря на то, что фраза считается принятой неверно, если неверно принято даже одно слово, оказывается, что фразовая артикуляция находится в пределах нормы даже при 7 % битовых ошибок.

Кроме того, при исследовании на переезде фразовая артикуляция незначительно уступает исследованию на станции, т. к. в обоих случаях качество радиотракта оценивается как IV (P), т. е. понимание речи на приёме осуществляется с напряжением внимания, переспросами и повторениями.

Список литературы

- 1 Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. ГОСТ Р 50840-95; введ. 2015-11-21. – М. : ИПК «Изд. стандартов», 1996. – 198 с.
- 2 Шевчук, В. Г. Транспортные радиосистемы. Распространение энергии звуковых и электромагнитных волн : конспект лекций / В. Г. Шевчук. – Гомель : БелГУТ, 1999. – С. 91–103.

УДК 519.213:62-192

С. И. ХОМЕНКО, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СХЕМАХ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ УСТРОЙСТВ ЖАТ

Рассмотрены вопросы построения эквивалентных моделей приборов схем защиты от перенапряжения для программ схемотехнического моделирования. Представлен метод определения коэффициентов уравнения, описывающего импульс помехи большой мощности в виде двухэкспоненциального импульса. Разработаны модели элементов схем защиты от перенапряжения с учетом их вольт-секундных характеристик. Предложенные модели могут быть использованы для моделирования схем защиты устройств ЖАТ от импульсных помех большой мощности.

В связи с широким внедрением в современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики микроэлектронных средств возникла проблема их защиты от перенапряжений.

Существующие классические схемы защиты в некоторой степени справлялись с защитой релейных систем ЖАТС. При этом переход на новую элементную базу потребовал применения более быстродействующих приборов защиты, но и это не позволило полностью решить проблему.

Для исследования процессов, происходящих в схемах защиты от перенапряжений, вызванных мощной импульсной помехой в соответствии со стандартом МЭК 61643-1:2005 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах», применяется импульсный генератор, упрощенная схема которого представлена на рисунке 1. При формировании импульса источник высокого напряжения $E_{вн}$ заряжает конденсатор C_n через сопротивление R_3 . После срабатывания ключа происходит разряд емкости на нагрузку. При этом резисторы $R_{д1}$, $R_{д2}$ определяют длительность импульса и совместно с индуктивностью $L_{ф}$, задают время и форму нарастания импульса. Резистор $R_{нр}$ формирует полное сопротивление испытательного генератора.

При проведении испытаний используется импульс напряжения с фактическим временем фронта 1,2 мкс и полупериодом 50 мкс (1,2/50 voltage impulse) или импульс тока 8/20 (8/20 current impulse), который представляет собой импульс тока с фактическим временем фронта 8 мкс и временем полупериода 20 мкс.

У реального импульса разряда молнии осциллограммы токов свидетельствуют о том, что он имеет нулевую начальную производную в момент формирования канала стримера [3–4–5]. Уравнение, удовлетворяющее этому условию имеет вид

$$i(t) = \frac{I_{\max}}{\eta} x(t)y(t) = I_{\max}z(t)y(t),$$

где $x(t) = t/t_1 \frac{(t/t_1)^n}{1+(t/t_1)^n}$; $y(t) = \exp(-\frac{t}{t_2})$; n – параметр, определяющий крутизну волны; $z(t)$ – сопротивление канала молнии, составляет по различным оценкам величину 150–300 Ом [5].

При этом присутствующее в уравнении изменяющееся сопротивление канала молнии значительно усложняет расчет.

При проведении схемотехнического моделирования схем защиты от перенапряжений гораздо более удобно представить мощную помеху с помощью уравнения двухэкспоненциального импульса. Импульс формиру-

ется разностью двух экспоненциальных функций. Несмотря на то, что импульс имеет начальную производную, отличную от нуля, он достаточно точно воспроизводит форму и параметры сигнала на выходе испытательного генератора молниевых разряда.

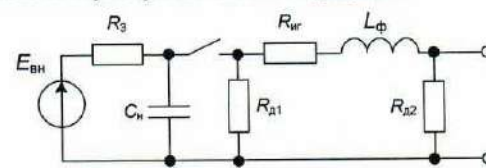


Рисунок 1 — Упрощенная схема комбинированного импульсного генератора мощных импульсных помех (1/50 мкс – 6,4/16 мкс)

При использовании двухэкспоненциального импульса сигнал на выходе испытательного генератора может быть представлен в виде уравнения

$$A(t) = \frac{A_{\max}}{k_m} [\exp(-\beta_1 t) - \exp(-\beta_2 t)],$$

где β_2 , β_1 – коэффициенты, определяющиеся скоростями нарастания и спада тока молнии; k_m – корректирующий фактор амплитуды молнии; A_{\max} – амплитудное значение тока молнии.

Основные параметры двухэкспоненциального импульса, которые нормируются в соответствии с требованиями стандарта, и способы их определения представлены на рисунке 2.

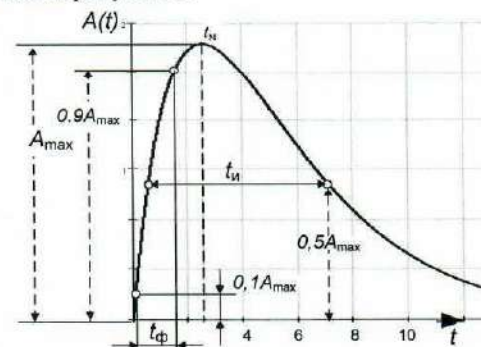


Рисунок 2 – Графическое определение параметров двухэкспоненциального импульса

В уравнении импульса вводится поправочный коэффициент k_m , учитывающий то, что амплитуда импульса меньше амплитуд экспоненциальных составляющих. Это ясно из приведенного на рисунке 3 построения. Пунктирными линиями изображены графики двух составляющих, разность которых представляет график рассматриваемого импульса.

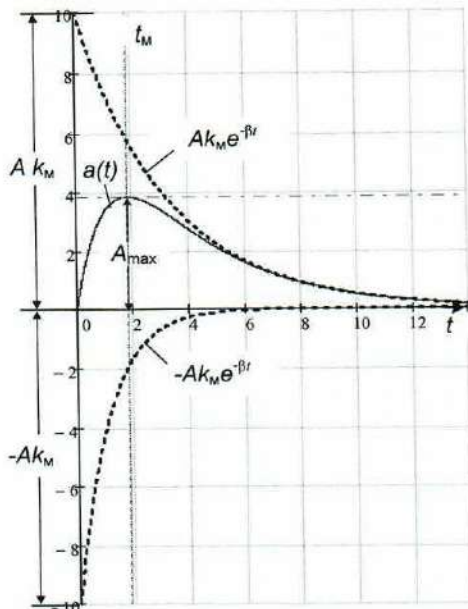


Рисунок 3 – Формирование двухэкспоненциального импульса

Продифференцировав уравнение импульса по времени, из условия $dA/dt = 0$ можно найти момент, в который функция $A(t)$ достигает максимума $A_{max} = A(t_M)$:

$$t_M = \frac{1}{\beta_2 - \beta_1} \ln \frac{\beta_2}{\beta_1},$$

При этом выполняется соотношение

$$A_{max} = k_M A,$$

где A – амплитуда экспоненциальных составляющих.

Значение корректирующего фактора k_M можно определить из соотношений

$$k_M = e^{\gamma_1} - e^{\gamma_2}, \quad \gamma_1 = \frac{\ln \gamma}{\gamma - 1}, \quad \gamma_2 = \frac{\gamma \ln \gamma}{\gamma - 1},$$

где $\gamma = \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$.

Установленный график зависимости корректирующего фактора $k_M = k_M(\gamma)$ приводится на рисунке 4. Он позволяет по заданию величины A найти высоту A_{max} . При малых значениях $\gamma < 2$ высота $A_{max} < A$; при $\gamma > 10$ высота A_{max} приближается к A .

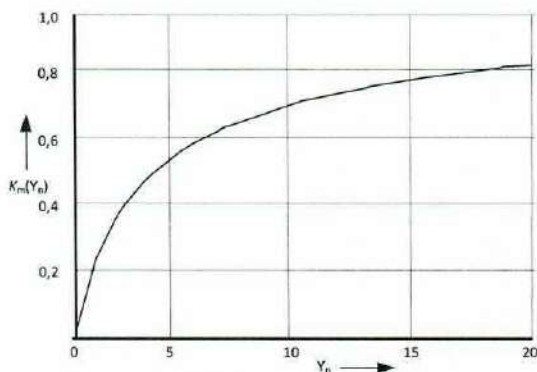


Рисунок 4 – График зависимости корректирующего фактора k_M от отношения постоянных времени $\gamma = \theta_1 / \theta_2$

Для определения параметров реальных импульсов используется понятие активного фронта t_ϕ ($t_\phi = t_{0,9} - t_{0,1}$) и длительности t_n (определяемой на уровне 0,5 амплитуды) импульса $t_n = t''_{0,5} - t'_{0,5}$ (см. рисунок 2).

В практически наиболее важных случаях ($\gamma > 1,5$) можно (с погрешностью менее 10 %) пользоваться приближенными формулами [6]:

$$\begin{cases} \beta_1 t_n = \frac{2}{\gamma} + 0,78 & \text{при } 1,5 < \gamma < 20; \\ \beta_1 t_\phi = 0,55 \ln \frac{\gamma}{\gamma - 1} & \text{при } 1,5 < \gamma < 20; \\ \beta_1 t_n = \frac{3}{\gamma} + 0,7 & \text{при } \gamma > 20; \\ \beta_1 t_\phi = \frac{1,16}{\gamma - 1} + 0,015 & \text{при } 10 < \gamma < 30. \end{cases}$$

Учитывая, что у стандартного импульса перенапряжения 1,5/50 мкс длительность фронта мала по сравнению с длительностью импульса, можно предположить, что при больших значениях γ длительность импульса на уровне 0,5А будет стремиться к $t_n \rightarrow 0,7/\beta_1$. При формировании крутизны фронта сигнала основную роль играет нарастание составляющей $\beta_2 t$. В таком случае β_2 может быть определено как нарастание фронта экспоненциального сигнала $\beta_2 = 2,2/t_\phi$. Корректирующий коэффициент k_M больших значениях γ будет стремиться к 1.

Таким образом, для формирования импульса перенапряжения 1,2/50 мкс коэффициенты уравнения будут иметь значения

$$\begin{aligned} k_M &= 0,944; \\ \beta_1 &= 0,75 / (50 \cdot 10^{-6}) = 0,015 \cdot 10^6; \\ \beta_2 &= 2,2 / (1,5 \cdot 10^{-6}) = 1,467 \cdot 10^6; \end{aligned}$$

При этом уравнение, описывающее стандартный импульс перенапряжения 1,5/50 мкс, примет вид:

$$A(t) = \frac{U_{ампл}}{0,944} [\exp(-1,5 \cdot 10^4 t) - \exp(-1,467 \cdot 10^6 t)].$$

Результаты построения для амплитудного значения напряжения перенапряжения $U_{ампл} = 10$ кВ, представленные на рисунке 5, достаточно точно воспроизводят задаваемые параметры импульса перенапряжения.

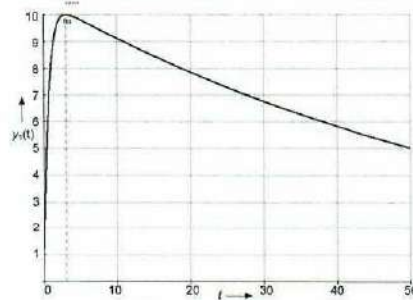


Рисунок 5 – Результат моделирования испытательного импульса 1,2/50 мкс

Наиболее распространенная схема защиты (рисунок 6) от перенапряжения представляет подключенные параллельно защищаемому устройству элементы защиты: разрядник и варистор (выравниватель).

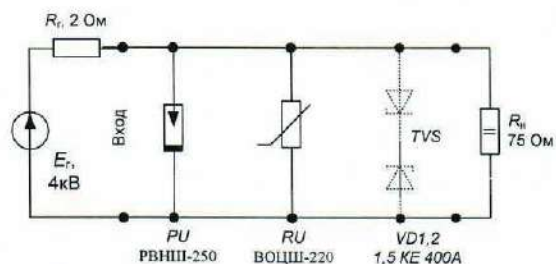


Рисунок 6 – Схема защиты от перенапряжений

В качестве третьего, быстродействующего, каскада возможна установка защитных TVS диодов VD 1,2.

Испытательный генератор импульса мощной помехи может быть представлен источником напряжения, уравнение которого задано в форме двухэкспоненциального импульса и эквивалентного сопротивления генератора R_r .

Модель разрядника в соответствии с рекомендациями IEEE выполнена в виде эквивалентной схемы, представленной на рисунке 7. Параметры элементов схемы выбираются исходя из известных параметров прибора защиты: R_b – сопротивление во включенном состоянии, $U_{вкл}$ – напряжение включения (срабатывания) и C_p – емкость разрядника.

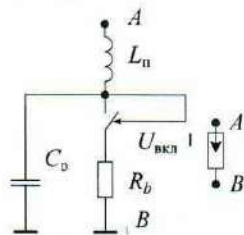


Рисунок 7 – Эквивалентная схема разрядника в соответствии с требованиями IEEE

Варистор обычно представляется нелинейным сопротивлением с известной вольт-амперной характеристикой, которая в программе моделирования может быть представлена в виде управляемого источника напряжения (рисунок 8).

Эта схема позволяет описать как элементы схемы замещения, реализуемой в соответствии с требованиями IEEE, так и достаточно простыми методами представить нелинейный элемент с соответствующими характеристиками.

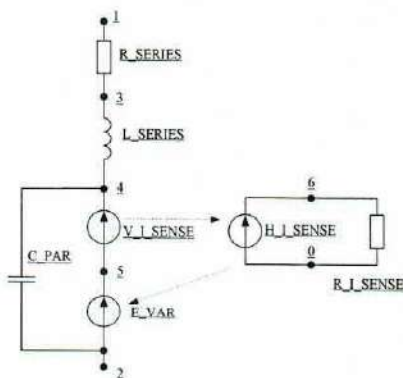


Рисунок 8 – Эквивалентная схема варистора с реализацией BAX с помощью управляемого источника напряжения

Модель содержит в своем составе элементы R_SERIES и L_SERIES , представляющие собой эквивалентные сопротивление и индуктивность выводов варистора. C_PAR является эквивалентной емкостью варистора. С помощью зависимых источников напряжения V_I_SENSE , E_VAR реализуется требуемая вольт-амперная характеристика (BAX) нелинейного элемента варистора, описываемая следующим уравнением:

$$\log(U) = b_1 + b_2 \log(I) + b_3 e^{-\log(I)} + b_4 e^{\log(I)},$$

где U – напряжение на ограничивающем элементе; I – ток через ограничивающий элемент; $b_1 - b_4$ – коэффициенты, определяющие нелинейность BAX.

Посредством изменения коэффициентов $b_1 - b_4$ имеется возможность получения BAX, соответствующей реальному варистору, и ее изменение для моделирования процессов изменения характеристики нелинейного элемента вследствие старения и т.д.

Путем линеаризации вольт-амперной характеристики варистора мы можем значительно упростить построение эквивалентной модели и использовать схему, аналогичную схеме разрядника, но со своими параметрами элементов.

Для изучения процессов, происходящих в схемах защиты от перенапряжений, проведено моделирование в программе схемотехнического моделирования *LTspice*. Данная программа представляет собой универсальную среду для проектирования и создания электрических схем с интегрированным симулятором смешанного моделирования. От аналогичных программ (*Microcap*, *OrCAD*) *LTspice* отличается малым объемом необходимого дискового пространства и более высокой скоростью моделирования, что позволяет достаточно достоверно осуществлять анализ процессов в рассматриваемых задачах. Данный программный продукт оптимизирован для исследования переходных процессов и широко применяется для схемотехнического моделирования импульсных источников питания.

На рисунке 9 показана исследуемая схема двухкаскадной защиты от перенапряжений, построенная в пакете *LTspice* с использованием разработанных моделей приборов защиты.

Генератор испытательного импульса реализован на элементе B2 и сопротивлении генератора R2. Разрядник (первая ступень защиты) выполнен на ключе управляемом напряжением S1 и дополнительных элементах эквивалентной схемы разрядника. Аналогично, но со своими параметрами схемы замещения, реализован варистор на ключе S2, устанавливаемый на вторую ступень защиты.

Параметры напряжения срабатывания приборов защиты заданы посредством *spice* – директив как параметры соответствующего ключа.

Для реализации вольт-секундных характеристик приборов защиты (моделирования их временных характеристик) схема дополняется элементами задержки срабатывания и выключения на элементах B1 и B3. Значение задержки может быть задано фиксированным или рассчитываться в процессе моделирования.

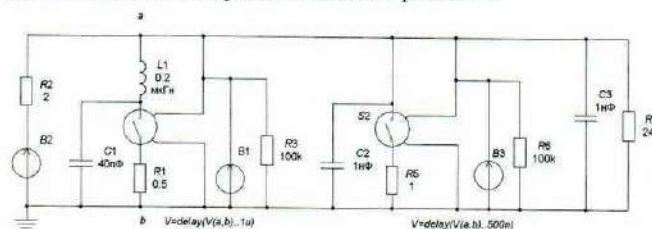


Рисунок 9 – Модель двухкаскадной схемы защиты с учётом вольт-секундной характеристики каскадов

Параметры элементов эквивалентных схем приборов грозозащиты выбраны в соответствии с их техническими параметрами. Меньшее напряжение срабатывания ключа соответствует квалификационному напряжению варистора ВОЦН-110 (применяется для защиты цепей с номинальным действующим напряжением 110 В) и

находится в пределах $U_{кв} = 330 \dots 470$ В. Времена срабатывания приборов защиты выбраны преднамеренно большими, чтобы показать процессы, происходящие в схеме защиты от перенапряжений.

Результаты моделирования классической двухкаскадной схемы представлены на рисунке 10. Как можно заметить, напряжение на нагрузке до момента срабатывания более быстродействующей второй ступени достигает величины 2,4 кВ (первый пик графика). Второй пик обусловлен продолжающимся возрастанием перенапряжения и срабатыванием разрядника (первая ступень защиты).

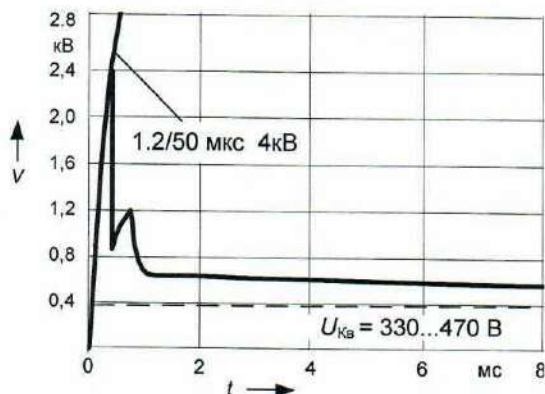


Рисунок 10 – Результаты моделирования двухкаскадной схемы грозозащиты с наименьшим квалификационным напряжением $U_{кв}$ прибора защиты 330 В

Испытания реальной двухступенчатой схемы защиты от перенапряжений были проведены с помощью испытательного генератора импульсной помехи большой мощности типа *PNW2055* фирмы «Schaffner».

Проведенные испытания показали, что применение схемотехнического моделирования с помощью пакета *LTspice* и разработанных эквивалентных моделей достаточно хорошо позволяет судить о процессах, происходящих в схемах защиты.

Анализ результатов исследований схемы защиты при различных параметрах элементов позволяет сделать следующие выводы:

- двухступенчатая схема защиты удовлетворительно защищает релейно-контактные приборы ЖАТ с напряжением пробоя изоляции более 2 кВ. Это можно объяснить тем, что реальное напряжение пробоя изоляции превышает указанное значение и имеет место кратковременное импульсное перенапряжение;

- большая величина перенапряжения в течение длительного времени разрушительно влияет на микроэлектронные элементы систем ЖАТ, так как они имеют гораздо более низкое значение напряжения пробоя, и этот процесс происходит намного быстрее;

Получено 19.12.2017

S. I. Khomenko. Schematic simulation of operation in overvoltage protection circuits of RAT.

The questions of constructing equivalent models of overvoltage protection circuits for circuit simulation programs are considered. The method for determining the coefficients of the equation is given for the form of a two-exponential pulse are presented. The models of the elements of the overvoltage protection circuits are developed with their volt-second characteristics. The proposed models can be used to simulate the protection circuits of RAT from high-power impulse noise.

– дополнение схемы защиты быстродействующим третьим каскадом на основе защитных TVS диодов (см. пункт на рисунке 6) не позволяет получить существенных улучшений параметров схемы защиты. Связано это с тем, что, имея гораздо лучшие параметры по быстродействию (десятки наносекунд), защитный диод до момента срабатывания варистора будет пропускать через себя основную часть энергии импульса. Из-за его малой мощности рассеивания это приводит к выходу прибора из строя.

Результаты моделирования и испытаний применяемых схем защиты от перенапряжений позволяют сделать вывод о неэффективности применяемой схемы грозозащиты и указывают на необходимость ее модернизации.

Один из вариантов модернизации схемы защиты от перенапряжений показан на рисунке 11.

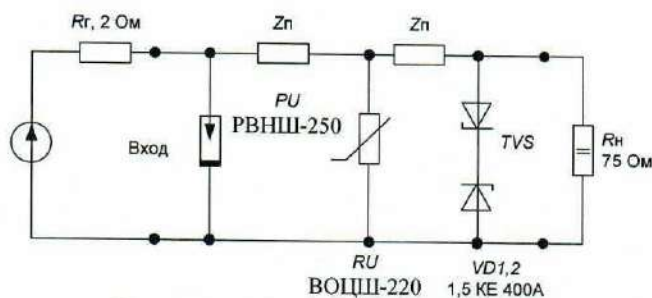


Рисунок 11 – Установка сопротивлений Z_p между каскадами защиты

Установка между ступенями защиты сопротивлений Z_p (активных или индуктивных) позволяет координировать последовательность срабатывания каскадов и отделять их друг от друга.

Список литературы

- 1 Кравченко, В. И. Грозозащита радиоэлектронных средств / В. И. Кравченко. – М. : Радио и связь, 1991. – 261 с.
- 2 Кравченко, В. И. Молния. Электромагнитные факторы и их поражающее воздействие на технические средства / В. И. Кравченко. – Харьков : НТМТ, 2010. – 292 с.
- 3 Дмитриев, В. Л. Параметры разряда молнии в задачах грозозащиты / В. Л. Дмитриев, М. В. Дмитриев // Известия РАН: Энергетика. – 2005. – № 4. – С. 54–61.
- 4 Базелян, Э. М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 320 с.
- 5 РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений / под науч. ред. Н. Н. Тиходеева. – 2-е изд. – СПб. : ПЭИПК, 1999. – 185 с.
- 6 Параметры типовых импульсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektisii.org/5-78112.html>. – Дата доступа : 15.10.2017.

УДК 621.3.07

Ю. В. ЧЕРНЯК, кандидат технических наук, В. А. ГАТЧЕНКО, кандидат технических наук, С. В. КАРАЩУК, преподаватель, Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ЭЛЕКТРОВОЗА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Построена математическая модель тягового привода электровоза постоянного тока с широтно-импульсной системой регулирования двигателей. Составлено уравнение баланса напряжения тягового электродвигателя с широтно-импульсной системой регулирования. Получены зависимости электровоза с широтно-импульсной системой регулирования при последовательно-параллельном и параллельном соединениях от скорости, а также тяговая характеристика электровоза ВЛ11М с широтно-импульсной системой регулирования при различных режимах разгона.

В условиях тенденции роста стоимости энергоносителей возникает вопрос об экономичности использования топливно-энергетических ресурсов подвижным составом. Эксплуатационный парк электровозов постоянного тока состоит из локомотивов, работающих с устаревшей реостатно-контакторной системой управления (РКСУ). При движении на неходовых позициях электроподвижной состав (ЭПС) постоянного тока с РКСУ тратит на реостатах часть энергии. В процессе пуска, особенно для тяжеловесов и тяжелых профилей пути, важно проанализировать эффективность и сравнить затраты электроэнергии на достижение электровозом расчетной скорости при применении ослабления возбуждения на промежуточных ходовых позициях и без применения (полное поле).

В работах [1, 2] проанализированы режимы работы ЭПС и обоснована необходимость повышения его КПД, эффективность использования электроэнергии ЭПС и рассмотрены различные системы тягового электропривода, применяемые на железнодорожном транспорте. В работе [3] построена математическая модель для определения параметров движения поезда на реостатных и ходовых позициях электровоза при РКСУ. Однако большие потери электроэнергии в реостатах ставят задачу поиска другой системы регулирования напряжения двигателей, например, широтно-импульсной.

Таким образом, задача создания математической модели тягового привода электровоза постоянного тока с широтно-импульсным регулированием (ШИР) напряжения тяговых электродвигателей является весьма актуальной.

Выход на расчетную скорость электровоза при работе с импульсной системой регулирования возможен двумя путями: с постоянной и переменной частотами коммутации.

Последний метод позволит уменьшить величину индуктивности в цепи двигателя и потери на коммутацию полупроводниковых ключей.

Формула баланса напряжения при широтно-импульсном регулировании напряжения будет иметь вид

$$\frac{60\mu v}{3,6\pi D_k} = \frac{\delta U_{\text{вкл}} - I_a r_{\text{ТЭД}}}{C_e \Phi(I_a)}, \quad (1)$$

где μ – передаточное число редуктора; v – скорость движения поезда; D_k – диаметр круга катания колесной

пары; C_e – конструкционная постоянная машины; $U_{\text{вкл}}$ – напряжение в контактной сети; $r_{\text{ТЭД}}$ – активное сопротивление ТЭД; δ – коэффициент относительного заполнения импульса напряжения; $a_{\text{ТЭД}}$ – количество последовательно включенных ТЭД в зависимости от соединения; $\Phi(I_a)$ – зависимость магнитного потока от тока намагничивания; I_a – ток тягового электродвигателя.

Коэффициент относительного заполнения импульса напряжения

$$\delta = \frac{t_{\text{вкл}}}{T}, \quad (2)$$

где $t_{\text{вкл}}$ – продолжительность состояния, при котором ключ замкнут; T – период импульсной модуляции сигнала.

Зависимость магнитного потока от тока намагничивания [3]

$$\Phi(I_a) = K_1 I_a + K_2 I_a^2 + K_3 I_a^3 + K_4 I_a^4, \quad (3)$$

где $K_1 - K_4$ – коэффициенты аппроксимации.

Преобразуем уравнение баланса напряжения с учетом аппроксимации зависимости магнитного потока от тока якоря:

$$\frac{60\mu v}{3,6\pi D_k} = \frac{\delta U_{\text{вкл}} - I_a r_{\text{ТЭД}}}{C_e (K_1 I_a + K_2 I_a^2 + K_3 I_a^3 + K_4 I_a^4)}. \quad (4)$$

Преобразуем уравнение (4) к уравнению четвертого порядка:

$$\begin{aligned} 3,6\pi D_k \left[\frac{\delta U_{\text{вкл}} - I_a r_{\text{ТЭД}}}{a_{\text{ТЭД}}} \right] &= 60\mu v C_e (K_1 I_a + K_2 I_a^2 + K_3 I_a^3 + \\ &+ K_4 I_a^4) - 3,6\pi D_k \frac{\delta U_{\text{вкл}}}{a_{\text{ТЭД}}} + I_a [3,6\pi D_k r_{\text{ТЭД}} + 60\mu v C_e K_1] + \\ &+ I_a^2 60\mu v C_e K_2 + I_a^3 60\mu v C_e K_3 + I_a^4 60\mu v C_e K_4 = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Полученное уравнение четвертого порядка решаем численным методом полиномов Лаггера в среде программы MathCAD:

$$I_1(v, j) = \begin{bmatrix} -3,6\pi D_k \frac{\delta(v) U_{\text{вкл}}}{a_{\text{ТЭД}}(j)} \\ 3,6\pi D_k r_{\text{ТЭД}} + 60\mu v C_e K_1 \\ 60\mu v C_e K_2 \\ 60\mu v C_e K_3 \\ 60\mu v C_e K_4 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Поскольку тактирование сигнала возможно только на параллельном и последовательно-параллельном соединении, то обозначим через коэффициент j схему соединения двигателей:

- $j = 1$ – последовательно-параллельное (СП);
- $j = 2$ – параллельное (П).

Коэффициент, учитывающий количество двигателей в последовательной цепи,

$$a_{\text{тэд}}(j) = \begin{cases} 4 & j = 1; \\ 2 & j = 2. \end{cases} \quad (7)$$

Уравнения полиномов четвертого порядка будет иметь несколько корней. Однако решению уравнения удовлетворяет только действительный (не комплексный) неотрицательный корень. Составим алгоритм выбора действительного положительного корня:

$$I_3(v, j) = \begin{cases} (I_2(v, j))_1 \quad (\text{Im}(I_2(v, j))_1) = 0 \wedge (I_2(v, j))_1 > 0; \\ (I_2(v, j))_2 \quad (\text{Im}(I_2(v, j))_2) = 0 \wedge (I_2(v, j))_2 > 0; \\ (I_2(v, j))_3 \quad (\text{Im}(I_2(v, j))_3) = 0 \wedge (I_2(v, j))_3 > 0; \\ (I_2(v, j))_4 \quad (\text{Im}(I_2(v, j))_4) = 0 \wedge (I_2(v, j))_4 > 0. \end{cases} \quad (8)$$

Ток электровоза

$$I_3 = \delta I_a. \quad (9)$$

В результате моделирования получена токовая характеристика электровоза ВЛ11м с ШИР напряжения ТЭД (рисунок 1).

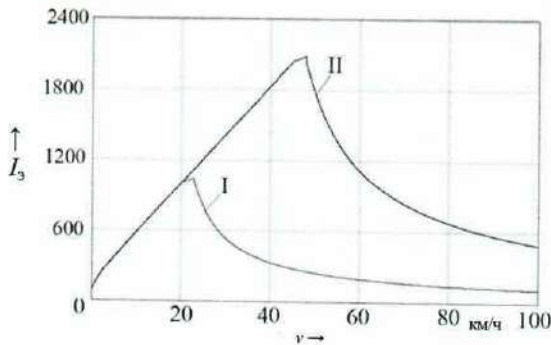


Рисунок 1 – Токовая характеристика электровоза ВЛ11м с ШИР напряжения ТЭД, полученная в результате моделирования: I – ток электровоза при СП соединении; II – ток электровоза при П соединении

Для построения тяговой характеристики электровоза ВЛ11м преобразуем формулу (12) [3] и определим силу тяги электровоза для данной модели с учетом ШИР:

$$F_k = m \frac{3,6 I_a \eta_{з.п} (\delta U_{к.с} - I_a r_{\text{тэд}})}{v}, \quad (10)$$

Получено 04.04.2018

Yu. V. Chernyak, V. A. Gatchenko, S. V. Karaschuk. Model of traction drive of the DC electric locomotive with pulse-width voltage regulation of traction motors.

The mathematical model of traction drive of an electric locomotive of a direct current with pulse-width system of engines regulation has been built. The balance equation of the traction motor voltage pulse width control system has been composed. Dependences of an electric locomotive with a pulse-width control system with series-parallel and parallel connections on the speed have been obtained. Traction characteristics of the electric locomotive VL11M with pulse-width control system under various modes of acceleration have been obtained.

где m – количество колесных пар электровоза; $\eta_{з.п}$ – КПД зубчатой передачи.

Построена тяговая характеристика электровоза ВЛ11м с ШИР при различных режимах разгона (рисунок 2).

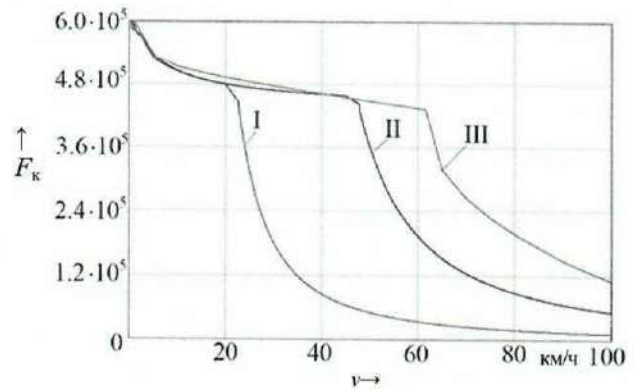


Рисунок 2 – Тяговая характеристика электровоза ВЛ11м с ШИР при различных режимах разгона, полученная в результате моделирования: I – при СП соединении; II – при П соединении; III – ограничение по сцеплению

Получено уравнение баланса напряжения тягового электродвигателя с ШИР с учетом аппроксимированной магнитной характеристики.

На основании математической модели были построены токовая и тяговая характеристики электровоза ВЛ11м с широтно-импульсной системой регулирования напряжения электродвигателей.

С учетом полученных характеристик возможно решение задачи определения эффективности такого вида тягового привода на электровозах постоянного тока.

Список литературы

- 1 Аналіз ефективності використання електроенергії системами тягового електроприводу ЕРС постійного струму / Ю. В. Черняк [та ін.] : зб. наук. праць Державного економіко-технологічного ун-ту транспорту М-ва освіти і науки України. Сер. Транспортні системи і технології. – 2016. – Вип. 28. – С. 5–12.
- 2 Карашук, С. В. Аналіз систем тягового електроприводу електрорухомого складу / С. В. Карашук : зб. наук. праць Державного економіко-технологічного ун-ту транспорту М-ва освіти і науки України. Сер. Транспортні системи і технології. – 2016. – Вип. 29. – С. 96–106.
- 3 Черняк, Ю. В. Математична модель тягового електроприводу електровоза постійного струму / Ю. В. Черняк, В. О. Гаченко, С. В. Карашук : зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту М-ва освіти і науки України. Сер. Транспортні системи і технології. – 2017. – Вип. 30. – С. 172–183.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 681.5

*С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, А. П. ЦАЛКО, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель***РАСЧЕТ ОПИСАТЕЛЬНЫХ СТАТИСТИК
ПЕРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНОГО ОТЧЕТА ООН
О СОСТОЯНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В МИРЕ**

Проблема аварийности на автомобильных дорогах признана на наднациональном уровне и на протяжении некоторого времени ведется плодотворная и тяжелая работа по сбору, анализу и обработке данных о состоянии аварийности в странах – членах Организации Объединенных Наций. Унификация форм статистических данных по аварийности сделала возможным накопить обширную статистическую информацию по параметрам, имеющим отношение к дорожному движению для значительного количества стран. В 2015 г. вышел очередной Глобальный отчет Организации Объединенных Наций о состоянии безопасности дорожного движения в мире. В отчете содержатся профили по безопасности дорожного движения 179 стран – членов Организации Объединенных Наций. Качественная и полная обработка такой статистической информации позволит выявить основные направления работы по повышению безопасности дорожного движения, в том числе и в Республике Беларусь.

Рассмотрены переменные профили стран Глобального отчета Организации Объединенных Наций о состоянии безопасности дорожного движения в мире. Среди этих переменных установлены зависимые, т.е., с помощью которых оценивается состояние безопасности дорожного движения, и независимые, т.е. те, управляя которыми, можно воздействовать на зависимые переменные. Для каждой переменной была установлена шкала измерений. В зависимости от шкалы измерений был проведен расчет описательных статистик для каждой переменной. Произведен сравнительный анализ полученных описательных статистик с соответствующими переменными профили Республики Беларусь.

Усилия по повышению безопасности дорожного движения на уровне Организации Объединенных Наций позволили собрать обширную статистику по странам, отраженную в Глобальном отчете по безопасности дорожного движения [1]. Этот документ содержит информацию по 179 странам. В отчете приведена информация о ряде показателей, объединенных по группам. В общем в Глобальном отчете о состоянии БДД в мире приведены данные по 73 переменным. Качественная группировка и предварительный анализ таких данных являются залогом дальнейшей успешной работы по разработке мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

Выбор метода описательных процедур для переменных зависит от типа данных (шкалы измерений) переменной и закона ее распределения. Существуют следующие типы (шкалы) измерений переменной:

- номинальная (категориальная) – используется только для качественной классификации. Это означает, что данные переменные могут быть измерены только в терминах принадлежности к некоторым, существенно различным классам; при этом невозможно определить количество или упорядочить эти классы (пол, национальность, цвет, город и т.д.);

- порядковая (ординальная) – позволяет ранжировать (упорядочить) объекты, указав, какие из них в большей или меньшей степени обладают качеством, выраженным данной переменной (например, уровень дохода – средний, низкий, высокий). Однако она не позволяет сказать, "на сколько больше" или "на сколько меньше";

- интервальная – позволяет не только упорядочивать объекты измерения, но и численно выразить и сравнить

различия между ними (например, уровень дохода в денежных единицах, интенсивность движения автомобилей и т.д.);

- относительная – очень похожа на интервальные переменные. В дополнение ко всем свойствам переменных, измеренных в интервальной шкале, их характерной чертой является наличие определенной точки абсолютного нуля. В большинстве статистических процедур не делаются различия между свойствами интервальных шкал и шкал отношения. А сами относительные и интервальные переменные часто называются количественными.

Анализ переменных, входящих в Глобальный отчет Организации Объединенных Наций о состоянии безопасности дорожного движения в мире, показал необходимость формирования из имеющихся показателей других, которые позволят более точно определить факторы, влияющие на показатели безопасности дорожного движения. Так, дополнительно были введены переменные, описывающие автомобилизацию (общее количество зарегистрированных ТС в 2013 г. на 1000 жителей, количество зарегистрированных автомобилей и четырехколесных легковых автомобилей на 1000 жителей и др.), а также характеризующие состояние аварийности как в общем, так и для отдельных категорий участников дорожного движения (социальный риск на 1 млн населения, транспортный риск на 100 тыс. ТС, социальный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легковых грузовиков и т.д.). Описание переменных, полученных из Глобального отчета о состоянии БДД, их условное обозначение, а также результаты распределения по шкалам измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Описание переменных о состоянии БДД, их условное обозначение и распределение по шкалам измерений

Наименование группы параметров	Наименование переменной	Условное обозначение, размерность	Тип шкалы измерения
Независимые переменные			
Общая информация	Наименование страны	C	Категориальная
	Численность населения	P, чел.	Интервальная
	Уровень дохода	И	Порядковая
	Валовый национальный доход на душу населения	G, \$ / чел.	Интервальная
Институциональные рамки	Наличие ведущего органа по БДД	Lb	Категориальная
	Наличие финансирования деятельности ведущего органа из бюджета страны	Lbf	
	Наличие национальной стратегии по безопасности дорожного движения	Ns	
	Наличие финансирования реализации стратегии по БДД из бюджета	Nsf	
	Наличие и значения целевых ориентиров стратегии по БДД*	Nst	
Дороги и мобильность	Наличие аудита проекта новых дорог	Arn	Категориальная
	Наличие регулярного аудита действующих дорог	Ar	
	Наличие пропагандирования пешеходных и велосипедных передвижений	Ppv	
	Наличие политики поощрения инвестиций в общественный транспорт	Pipt	
	Наличие политики разделения участников дорожного движения и защиты уязвимых участников ДД	Pdu	
Транспортные средства	Общее количество зарегистрированных ТС в 2013 г. на 1000 жителей	Arv, шт.	Интервальная
	Количество зарегистрированных автомобилей и четырехколесных легких автомобилей на 1000 жителей	A4, шт.	
	Количество зарегистрированных механических двух- и трехколесных ТС на 1000 жителей	A23, шт.	
	Количество зарегистрированных тяжелых грузовиков на 1000 жителей	Ahl, шт.	
	Количество зарегистрированных автобусов на 1000 жителей	Ab, шт.	
	Количество зарегистрированных прочих ТС на 1000 жителей	Ao, шт.	
	Наличие стандартов по лобовому столкновению	Sfc	Категориальная
	Требования к наличию систем управления устойчивостью	Sms	
Требования по наличию систем защиты пешеходов	Pps		
Оказание медицинской помощи пострадавшим в ДТП	Наличие системы мониторинга травм на базе пунктов скорой помощи	Smi	Категориальная
	Наличие общедоступного номера телефона скорой помощи	Etn	
Повышение безопасности участников дорожного движения	Наличие ограничений скорости, установленных на национальном уровне	Sln	Категориальная
	Максимальная скорость движения в населенных пунктах	Slc, км/ч	
	Максимальная скорость движения на загородных дорогах	Slr, км/ч	
	Максимальная скорость движения на моторвзях	Slm, км/ч	
	Возможность местных властей изменять максимальные значения скоростей	Slch	Порядковая
	Оценка эффективности применения законодательства о скорости	Sli	
	Наличие национального законодательства об употреблении алкоголя за рулем	Ad	Категориальная
	Максимальная концентрация алкоголя в крови	Am, промилле	
	Максимальная концентрация алкоголя в крови для молодых водителей	Amy, промилле	Интервальная
	Наличие выборочного тестирования дыхания	T	
	Оценка эффективности применения законодательства об употреблении алкоголя за рулем	Adi	Порядковая
	% погибших в ДТП вследствие употребления алкоголя	Nka, %	
	Наличие национального закона о ношении защитных шлемов для мотоциклистов	Hm	Категориальная
	Распространяется ли законодательство на водителей и пассажиров	Hmdp	
	Наличие законодательного требования застегивания ремня	B	
Наличие утвержденных стандартов к шлемам	Hs		

Окончание таблицы 1

Наименование группы параметров	Наименование переменной	Условное обозначение, размерность	Тип шкалы измерения
Повышение безопасности участников дорожного движения	Оценка эффективности применения законодательства о защитных шлемах	Hmi	Порядковая
	Доля водителей, пользующихся шлемом, %	Hmd, %	
	Доля пассажиров, пользующихся шлемом, %	Hmp, %	
	Доля лиц, пользующихся шлемом (в среднем водителей и пассажиров), %	Hmdp, %	Интервальная
	Наличие национального закона о ремнях безопасности	Sb	
	Распространяется ли законодательство о ремнях безопасности на лиц, занимающих передние и задние сиденья	Sbfr	Категориальная
	Оценка эффективности применения законодательства о ремнях безопасности	Sbi	
	Доля водителей, пользующихся ремнями безопасности, %	Sbd, %	Интервальная
	Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности на переднем сидении, %	Sbf, %	
	Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности на заднем сидении, %	Sbr, %	
	Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности в среднем, %	Sbt, %	
	Наличие национального закона об удерживающих устройствах для детей	Rc	
	Распространяется ли законодательство на детей, сидящих на передних сиденьях	Rcf	Категориальная
	На каком параметре базируется законодательство об удерживающих устройствах	Rcp	
	Оценка эффективности применения законодательства о детских удерживающих устройствах	Rci	Порядковая
	Доля лиц, пользующихся детскими удерживающими устройствами, %	Rcu, %	Интервальная
	Наличие национального закона о пользовании мобильными телефонами при вождении	M	Категориальная
	Запрещает ли закон пользование мобильным телефоном с помощью рук	Mh	
	Распространяется ли закон на мобильные телефоны, используемые без помощи рук	Mhw	
	Наличие национального законодательства по употреблению наркотиков за рулем	D	
<i>Зависимые переменные</i>			
Данные о ДТП	Отчетное количество погибших в ДТП	Nk, чел.	Интервальная
	Количество погибших в ДТП по методике ВОЗ	Nkwho, чел.	
	Социальный риск по методике ВОЗ	Rswwho, чел/1000000 населения	
	Оценка потерь от ДТП	EI, % от ВВП	
	Социальный риск на 1 млн населения	Rs, чел/1000000 населения	
	Транспортный риск на 100 тыс. ТС	Rt, чел/100000 ТС	
	Социальный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rsd4, чел/1000000 населения	
	Социальный риск на 1 млн населения для пассажиров четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rsp4, чел/1000000 населения	
	Социальный риск на 1 млн населения для водителей двух- и трехколесных механических транспортных средств	Rsd23, чел/1000000 населения	
	Социальный риск на 1 млн населения для велосипедистов	Rsb, чел/1000000 населения	
	Социальный риск на 1 млн населения для пешеходов	Rsp, чел/1000000 населения	
	Социальный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения	Rso, чел/1000000 населения	
	Транспортный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rtd4, чел/100000 ТС	
	Транспортный риск на 1 млн населения для пассажиров четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rtp4, чел/100000 ТС	
	Транспортный риск на 1 млн населения для водителей двух- и трехколесных механических транспортных средств	Rtd23, чел/100000 ТС	
	Транспортный риск на 1 млн населения для велосипедистов	Rtb, чел/100000 ТС	
	Транспортный риск на 1 млн населения для пешеходов	Rtp, чел/100000 ТС	
Транспортный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения	Rto, чел/100000 ТС		
* Ввиду существенной разрозненности в значениях целевых ориентиров и способов их представления, данный параметр оставлен только по показателю отсутствие/наличие целевого ориентира.			

Из таблицы 1 видно, что общее число переменных равно 79. Из них 37 переменных измерены в интервальной шкале, 36 – в категориальной и 6 – в порядковой. Общее число независимых переменных равно 61, а зависимых – 18.

Общая схема описательного анализа данных в зависимости от типа переменной и закона ее распределения приведена на рисунке 1.

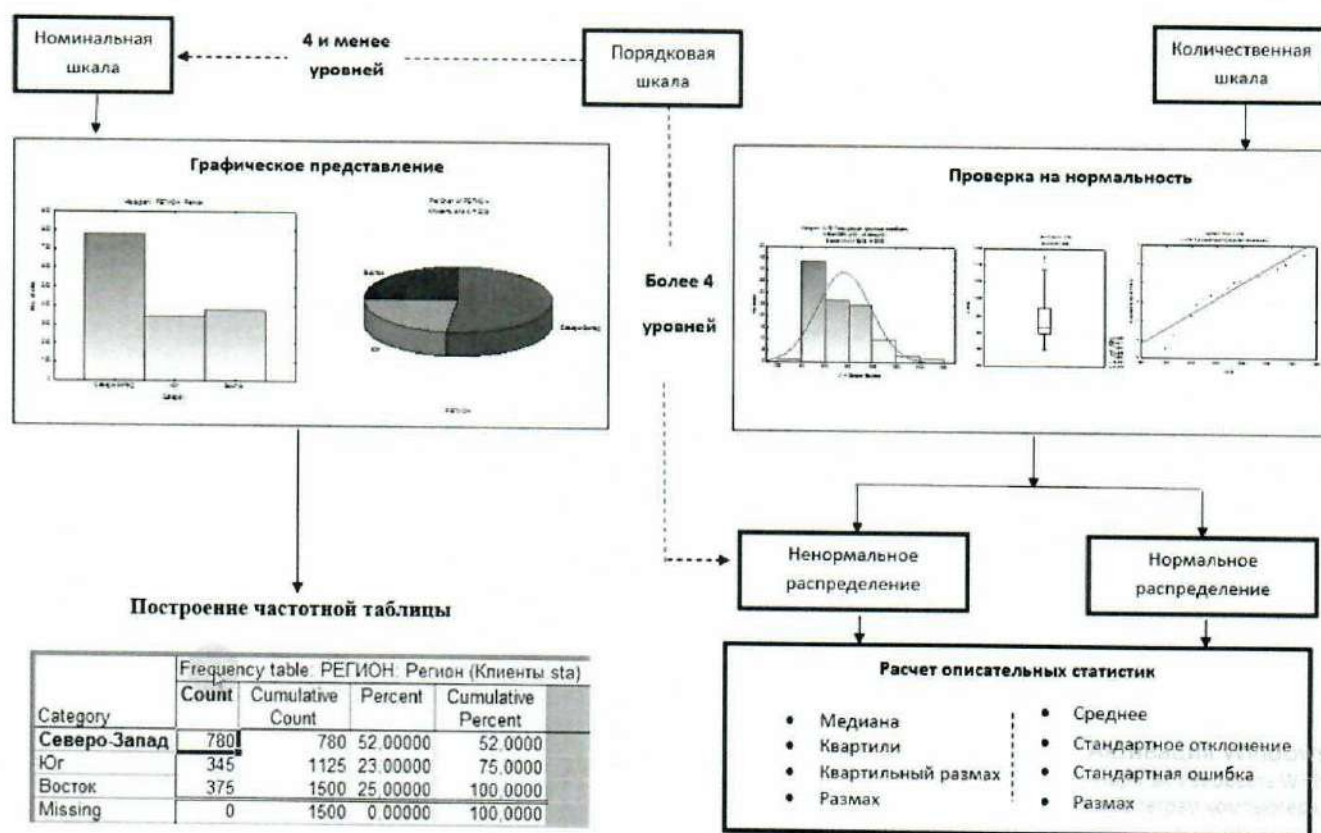


Рисунок 1 – Общая схема описательного анализа данных

Из рисунка 1 видно, что для номинальных переменных, а также для порядковых переменных, имеющих четыре и менее уровней, производится построение столбчатых и круговых диаграмм, а также частотных таблиц. Для количественных переменных необходимо установить закон их распределения. В случае, если закон распределения нормальный, то рассчитываются следующие основные описательные статистики: среднее, стандартное отклонение, стандартная ошибка, размах. Для количественных переменных, распределение которых отлично от нормального, а также для порядковых переменных, у которых более четырех уровней, рассчитываются следующие основные описательные характеристики: медиана, квартили, квартильный размах, размах. Возможен расчет и иных описательных статистик в зависимости от целей исследования.

Для оценки нормальности распределения количественных переменных используются следующие методы:

1 Оценка описательных статистик: среднего, медианы, коэффициента асимметрии, стандартной ошибки асимметрии, эксцесса и стандартной ошибки эксцесса. Косвенными признаками нормальности является примерное равенство среднего и медианы, различие между модулем асимметрии и стандартной ошибки асимметрии менее чем в три раза, различие между эксцессом и стандартной ошибкой эксцесса менее чем в три раза.

2 Анализ гистограммы распределения и статистических тестов (Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилкса). Признаками нормальности являются:

- форма гистограммы распределения случайной величины должна визуально соответствовать нормальному закону распределения;
- уровень значимости для теста Колмогорова-Смирнова должен быть больше 0,2;
- уровень значимости для теста Шапиро-Уилкса должен быть больше 0,05.

3 Анализ нормально-вероятностного графика: фактические данные должны близко располагаться к теоретической линии.

4 Анализ ящичной диаграммы. Признаками нормальности распределения являются: симметричность ящика, распределение медианы по центру ящика, отсутствие выбросов.

Если установлено, что закон распределения переменной нормальный, то для них возможно использование критериев, основанных на предположении о нормальном законе распределения: t , F или Хи-квадрат. Также для таких переменных рекомендуется рассчитывать следующие описательные статистики: среднее [показывает центральное положение (центр) переменной], стандартное отклонение [мера разброса (изменчивости) данных], стандартная ошибка среднего (теоретическое стандартное отклонение всех средних выборки размера n , извлекаемое из совокупности, и зависящая от сово-

купной дисперсии и размера выборки, доверительные интервалы для среднего (задают область вокруг среднего, в которой с заданным уровнем доверия содержится "истинное" среднее всей выборки).

Если закон распределения переменной отличается от нормального, то необходимо использование непараметрических статистик (например, критерий серий Вальда-Вольфовица, U-критерий Манна-Уитни и др.). Также для таких переменных рекомендуется рассчитывать следующие описательные статистики: медиана (значение, которое разбивает выборку на две равные части. Половина наблюдений лежит ниже медианы и половина наблюдений лежит выше медианы), квартили (равны 25-й и 75-й процентилям распределения), квартильный размах (равен разности значений 75-й и 25-й процентилям), размах.

Ниже приведен пример расчета для первой переменной – численность населения (P). Результаты теста на нормальность для остальных переменных приведены в таблице 2.

1 *Описательные статистики переменной численность населения (P)* приведены на рисунке 2.

Variable	Descriptive Statistics (Профили стран.sta)							
	Mean	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Std. Err. Skewness	Kurtosis	Std. Err. Kurtosis
P, чел	38877250	8077833	20629,00	1385566637	8,160443	0,181574	71,26628	0,361214

Рисунок 2 – Описательные статистики переменной P

Оценка описательных статистик показывает, что среднее (Mean) и медиана (Median) существенно отличаются друг от друга. Различие между модулем асимметрии (Skewness) и стандартной ошибкой асимметрии (Std. er. Skewness) более чем в три раза. Различие между эксцессом (Kurtosis) и стандартной ошибкой эксцесса (Std. er. Kurtosis) также более чем в три раза. Все это является косвенными признаками того, что исследуемая переменная не подчинена нормальному закону распределения.

2 *Гистограмма распределения и статистических тестов (Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилкса) для переменной численность населения (P)* приведена на рисунке 3.

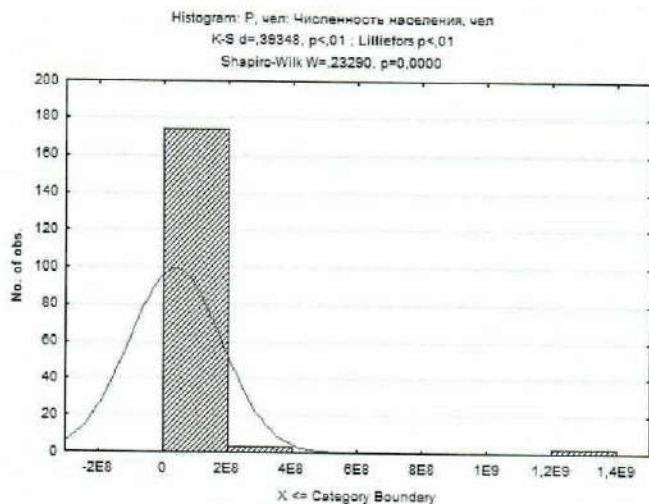


Рисунок 3 – Гистограмма распределения и статистических тестов для переменной численность населения (P)

Из построенной диаграммы видно:

- форма гистограммы распределения случайной величины визуально отлична от нормального закона распределения;
- уровень значимости для теста Колмагорова-Смирнова – менее 0,2;
- уровень значимости для теста Шапиро-Уилкса – менее 0,05.

Все это является признаками того, что исследуемая переменная не подчинена нормальному закону распределения.

3 *Нормально-вероятностный график для переменной численность населения (P)* приведена на рисунке 4.

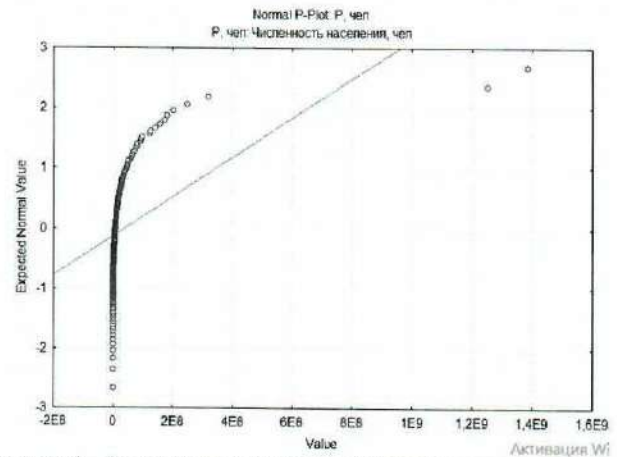


Рисунок 4 – Нормально-вероятностный график для переменной численность населения (P)

Из рисунка 4 видно, что фактические данные далеко располагаются от теоретической линии, что свидетельствует о том, что исследуемая переменная не подчинена нормальному закону распределения.

4 *Анализ ящичной диаграммы для переменной численность населения (P)* приведена на рисунке 5.

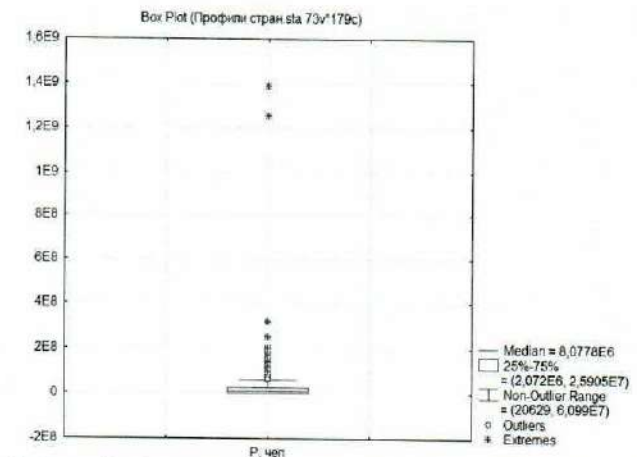


Рисунок 5 – Ящичная диаграмма для переменной численность населения (P)

Из рисунка видно, что ящик не симметричен, медиана расположена не по центру ящика, имеются выбросы. Это свидетельствует о том, что исследуемая переменная не подчинена нормальному закону распределения.

Таким образом, все приведенные тесты показывают, что распределение исследуемой переменной численность населения (P) отлично от нормального.

Таблица 2 – Оценка нормальности переменных*

Наименование переменной	Условное обозначение, размерность	Результаты анализа				Результаты анализа
		описательных статистик	гистограммы распределения и статистических тестов (Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилкса)	нормально-вероятностного графика	яичной диаграммы	
Численность населения	P, чел.	-	-	-	-	-
Валовый национальный доход на душу населения	G, \$ / чел.	-	-	-	-	-
Общее количество зарегистрированных ТС в 2013 г. на 1000 жителей	Arg, шт.	-	-	-	-	-
Количество зарегистрированных автомобилей и четырехколесных легковых автомобилей на 1000 жителей	A4, шт.	-	-	-	-	-
Количество зарегистрированных механических двух и трех колесных ТС на 1000 жителей	A23, шт.	-	-	-	-	-
Количество зарегистрированных тяжелых грузовиков на 1000 жителей	Ahl, шт.	-	-	-	-	-
Количество зарегистрированных автобусов на 1000 жителей	Ab, шт.	-	-	-	-	-
Количество зарегистрированных прочих ТС на 1000 жителей	Ao, шт.	-	-	-	-	-
Отчетное количество погибших в ДТП	Nk, чел.	-	-	-	-	-
Количество погибших в ДТП по методике ВОЗ	Nkwho, чел.	-	-	-	-	-
Социальный риск по методике ВОЗ	Rswho, чел/1000000 населения	±	±	-	+	+
Оценка потерь от ДТП	EI, % от ВВП	±	-	-	-	-
Социальный риск на 1 млн населения	Rs, чел/1000000 населения	-	-	-	-	-
Транспортный риск на 100 тыс. ТС	Rt, чел/100000 ТС	-	-	-	-	-
Социальный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rsd4, чел/1000000 населения	-	-	-	-	-
Социальный риск на 1 млн населения для пассажиров четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rsp4, чел/1000000 населения	-	-	-	-	-
Социальный риск на 1 млн населения для водителей двух- и трехколесных механических транспортных средств	Rsd23, чел/1000000 населения	-	-	-	-	-
Социальный риск на 1 млн населения для велосипедистов	Rsb, чел/1000000 населения	-	-	-	-	-
Социальный риск на 1 млн населения для пешеходов	Rsp, чел/1000000 населения	-	-	-	-	-
Социальный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения	Rso, чел/1000000 населения	-	-	-	-	-
Транспортный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rtd4, чел/100000 ТС	-	-	-	-	-
Транспортный риск на 1 млн населения для пассажиров четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков	Rtp4, чел/100000 ТС	-	-	-	-	-
Транспортный риск на 1 млн населения для водителей двух- и трехколесных механических транспортных средств	Rtd23, чел/1000000 ТС	-	-	-	-	-
Транспортный риск на 1 млн населения для велосипедистов	Rtb, чел/1000000 ТС	-	-	-	-	-
Транспортный риск на 1 млн населения для пешеходов	Rtp, чел/1000000 ТС	-	-	-	-	-
Транспортный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения	Rto, чел/1000000 ТС	-	-	-	-	-
Максимальная концентрация алкоголя в крови	Am, промилле	+	-	+	-	+
Максимальная концентрация алкоголя в крови для молодых водителей	Amy, промилле	+	-	+	+	+
% погибших в ДТП вследствие употребления алкоголя	Nka, %	-	-	-	-	-
Доля водителей, пользующихся шлемом, %	Hmd, %	+	-	-	-	-
Доля пассажиров, пользующихся шлемом, %	Hmp, %	+	-	-	-	-
Доля лиц, пользующихся шлемом (в среднем водителей и пассажиров), %	Hmdp, %	+	±	-	+	+
Доля водителей, пользующихся ремнями безопасности, %	Sbd, %	±	±	+	+	+
Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности на переднем сидении, %	Sbf, %	±	-	-	-	-
Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности на заднем сидении, %	Sbr, %	+	-	-	-	-
Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности в среднем, %	Sbt, %	+	±	-	-	-
Доля лиц, пользующихся детскими удерживающими устройствами, %	Rcu, %	+	-	-	-	-

* Символ «+» означает, что анализ подтверждает гипотезу о нормальности переменной; символ «-» означает, что анализ отклоняет гипотезу о нормальности переменной; символ «±» означает, что анализ частично отклоняет гипотезу о нормальности переменной.

Из таблицы 2 видно, что нормальному закону распределения подчинены следующие переменные: социальный риск по методике ВОЗ (Rswho), максимальная концентрация алкоголя в крови (Am), максимальная концентрация алкоголя в крови для молодых водителей (Amy), доля лиц, пользующихся шлемом, в среднем водителей и пассажиров (Hmdp), доля водителей, пользующихся ремнями безопасности (Sbd). Для этих переменных рассчитываются среднее, стандартное отклонение, стандартная ошибка и размах.

Для остальных переменных, распределение которых отлично от нормального закона, а также для порядковых переменных, имеющих более четырех уровней (Sli, Adi, Hmi, Sbi, Rci, Slc, Slr, Slm, Rcp), рассчитываются медиана, квартили, картильный размах, размах. Результаты всех расчетов сведены в таблице 3. Также в этой таблице приведены значения соответствующих переменных для Республики Беларусь. Те зависимые переменные, значения которых для Беларуси хуже, чем в среднем для всех стран, выделены.

Таблица 3 – Результаты расчета описательных характеристик исследуемых величин

Количественные переменные, распределение которых подчинено нормальному закону распределения						
описательная характеристика	среднее	нижняя граница 95%-го доверительного интервала	верхняя граница 95%-го доверительного интервала	стандартное отклонение	стандартная ошибка	Значение переменной для Респ. Беларусь
Социальный риск по методике ВОЗ Rswho	16,70	15,23	18,17	9,98	0,75	13,7
Максимальная концентрация алкоголя в крови Am	0,05	0,05	0,06	0,02	0	0,03
Максимальная концентрация алкоголя в крови для молодых водителей Amy	0,05	0,04	0,05	0,03	0	0,03
Доля лиц, пользующихся шлемом (в среднем водителей и пассажиров) Hmdp	55,79	38,03	73,55	36,85	8,45	–
Доля водителей, пользующихся ремнями безопасности Sbd	56,54	44,18	68,90	29,27	5,97	–
Количественные переменные, распределение которых не подчинено нормальному закону распределения, порядковые переменные, имеющие более четырех уровней						Значение переменной для Респ. Беларусь
описательная характеристика	медиана	нижний квартиль	верхний квартиль	размах	квартильный размах	
Численность населения P	8077833	2071997	25904598	1385545908	23832601	9356678
Валовой национальный доход на душу населения G	5765	1780	15255	186680	13475	6730
Общее количество зарегистрированных ТС в 2013 г. на 1000 жителей Argv	200,93	57,62	457,43	1734,39	399,81	417
Количество зарегистрированных автомобилей и четырехколесных легких автомобилей на 1000 жителей A4	166,55	33,82	365,03	1286,56	331,21	285
Количество зарегистрированных механических двух- и трехколесных ТС на 1000 жителей A23	16,64	3,91	48,56	440,02	44,64	40
Количество зарегистрированных тяжелых грузовиков на 1000 жителей Ahl	10,72	3,64	22,66	118,25	19,01	19
Количество зарегистрированных автобусов на 1000 жителей Ab	1,97	1,08	3,17	101,18	2,09	1
Количество зарегистрированных прочих ТС на 1000 жителей Ao	0,44	0,00	8,90	293,91	8,90	71
Отчетное количество погибших в ДТП Nk	629	155	2164	137572	2009	894
Количество погибших в ДТП по методике ВОЗ Nkwho	1021	216	4706	261367	4490	1282
Оценка потерь от ДТП Ei	1,50	1,00	2,20	7,60	1,20	–
Социальный риск на 1 млн населения Rs	81,49	46,32	126,29	581,47	79,98	95,5
Транспортный риск на 100 тыс ТС Rt	51,83	19,67	120,08	1912,05	100,41	37,9
Социальный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков Rsd4	19,22	8,89	28,02	197,70	19,13	25,8
Социальный риск на 1 млн населения для пассажиров четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков Rsp4	12,30	6,45	26,78	215,14	20,33	21
Социальный риск на 1 млн населения для водителей двух- и трехколесных механических транспортных средств Rsd23	10,02	4,74	23,44	153,16	18,70	–
Социальный риск на 1 млн населения для велосипедистов Rsb	3,96	1,79	6,52	39,59	4,73	7,6
Социальный риск на 1 млн населения для пешеходов Rsp	23,55	11,75	38,25	151,18	26,50	40,1
Социальный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения Rso	5,43	2,69	12,61	126,31	9,92	1
Транспортный риск на 1 млн населения для водителей четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков Rtd4	6,18	2,76	14,82	267,69	12,05	6,2

Количественные переменные, распределение которых не подчинено нормальному закону распределения, порядковые переменные, имеющие более четырех уровней						Значение переменной для Респ. Беларусь
описательная характеристика	среднее	нижняя граница 95%-го доверительного интервала	верхняя граница 95%-го доверительного интервала	стандартное отклонение	стандартная ошибка	
Транспортный риск на 1 млн населения для пассажиров четырехколесных легковых автомобилей и легких грузовиков Rtp4	5,65	1,40	20,18	822,18	18,78	5
Транспортный риск на 1 млн населения для водителей двух- и трехколесных механических транспортных средств Rtd23	2,73	1,21	14,81	1055,39	13,59	–
Транспортный риск на 1 млн населения для велосипедистов Rtb	1,21	0,58	3,07	85,64	2,49	1,8
Транспортный риск на 1 млн населения для пешеходов Rtp	10,55	2,87	30,84	822,18	27,97	9,6
Транспортный риск на 1 млн населения для прочих участников дорожного движения Rto	1,72	0,54	11,91	490,33	11,37	0,2
% погибших в ДТП вследствие употребления алкоголя Nka	14,00	4,00	23,00	100,00	19,00	14
Доля водителей, пользующихся шлемом Hmd	90,00	60,50	98,00	96,00	37,50	–
Доля пассажиров, пользующихся шлемом Hmp	81,00	35,00	95,50	100,00	60,50	–
Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности на переднем сидении Sbf	83,00	60,00	94,00	94,00	34,00	–
Доля лиц пользующихся ремнями безопасности на заднем сидении Sbr	34,50	10,00	78,50	96,00	68,50	–
Доля лиц, пользующихся ремнями безопасности в среднем Sbt	80,00	1,00	82,00	81,00	81,00	–
Доля лиц, пользующихся детскими удерживающими устройствами Rcu	63,50	34,00	89,50	96,00	55,50	–
Оценка эффективности применения законодательства о скорости Sli	6,00	4,00	7,00	10,00	3,00	8
Оценка эффективности применения законодательства об употреблении алкоголя за рулем Adi	6,00	4,00	8,00	10,00	4,00	9
Оценка эффективности применения законодательства о защитных шлемах Hmi	7,00	5,00	9,00	9,00	4,00	9
Оценка эффективности применения законодательства о ремнях безопасности Sbi	7,00	5,00	8,00	10,00	3,00	8
Оценка эффективности применения законодательства о детских удерживающих устройствах Rei	6,00	3,00	8,00	9,00	5,00	7
Максимальная скорость движения в населенных пунктах Sic	50	50	60	90	10	60
Максимальная скорость движения на загородных дорогах Slr	90	80	100	100	20	90
Максимальная скорость движения на моторвэжах Sln	120	110	200*	150	90	110
На каком параметре базируется законодательство об удерживающих устройствах Rep**	103	102	109	7	7	109

* 200 означает отсутствие ограничений.

** 102 – возраст, 103 – рост/вес, 106 – возраст/рост, 108 – возраст/вес, 109 – возраст/рост/вес.

Приведенные в таблице 3 описательные статистики характеризуют основные свойства изучаемых переменных и дают основную информацию о них. Так, например, для переменной социальный риск по методике ВОЗ Rswwho среднее равно 16,7 погибших в ДТП на 1 млн населения. Эта величина показывает центральное положение (центр) переменной, т.е. в среднем для всех стран, предоставивших сведения о данной переменной, ее значение составляет 16,7. Для вероятности 0,05 доверительный интервал имеет вид (15,23; 18,17). Это означает, что 95 значений этой переменной лежит в данном интервале. Стандартное отклонение равно 9,98, что показывает меру разброса данных относительно среднего.

Стандартная ошибка среднего равна 0,75 и показывает теоретическое стандартное отклонение всех средних выборки, извлекаемое из совокупности.

Также из таблицы 3 видно, что для Республики Беларусь значения практически всех зависимых переменных, т.е. переменных, характеризующих уровень безопасности дорожного движения, хуже, чем их средние значения по всем странам.

Для номинальных (категоризованных) переменных, а также для порядковых переменных, имеющих четыре и менее уровней производится построение столбцовых или круговых диаграмм (рисунок 6), а также частотных таблиц.

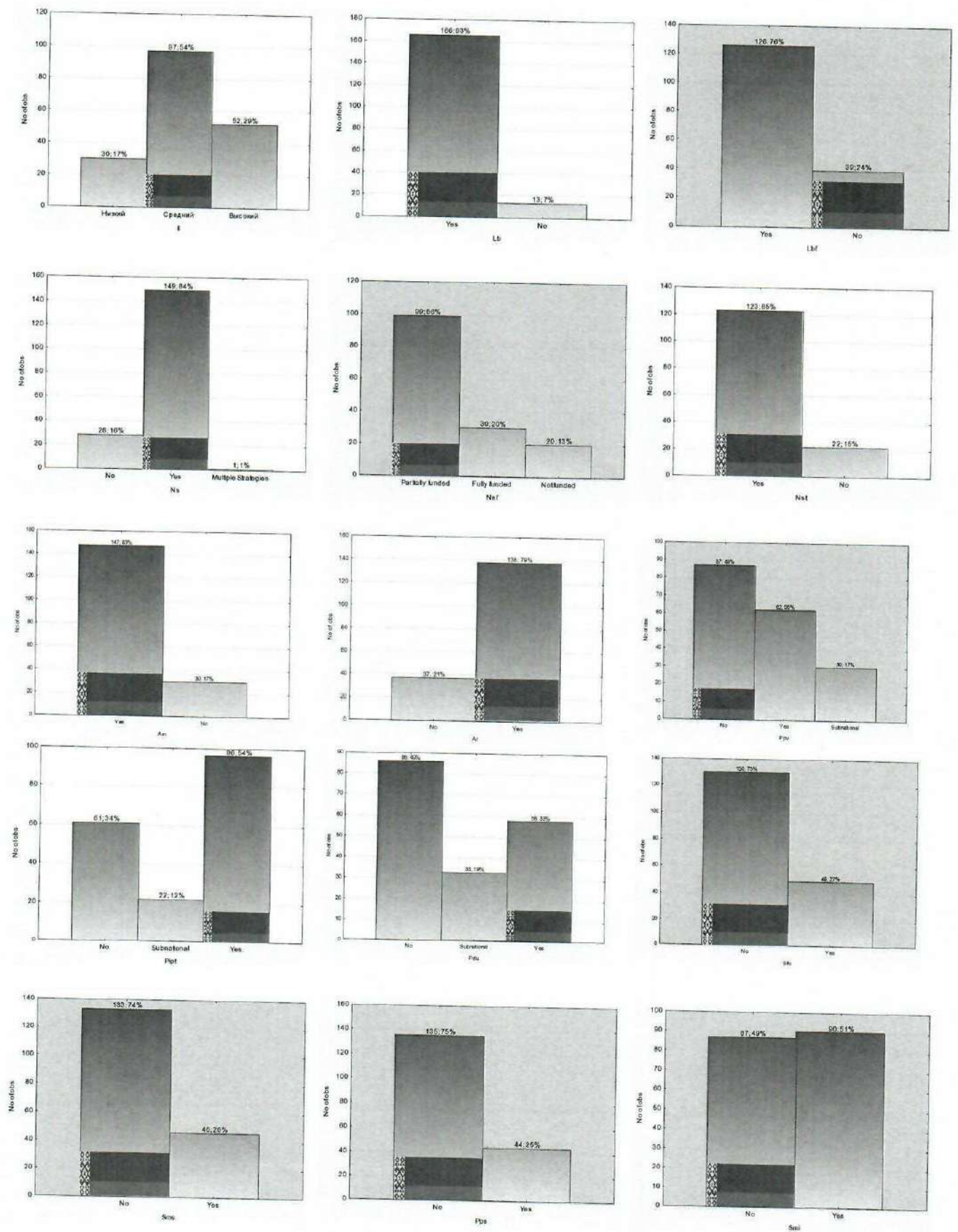
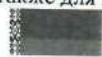


Рисунок 6 (начало) – Столбчатые диаграммы для номинальных (категориальных) переменных, а также для порядковых переменных, имеющих четыре и менее уровней:



– категория переменной, в которую вошла Республика Беларусь

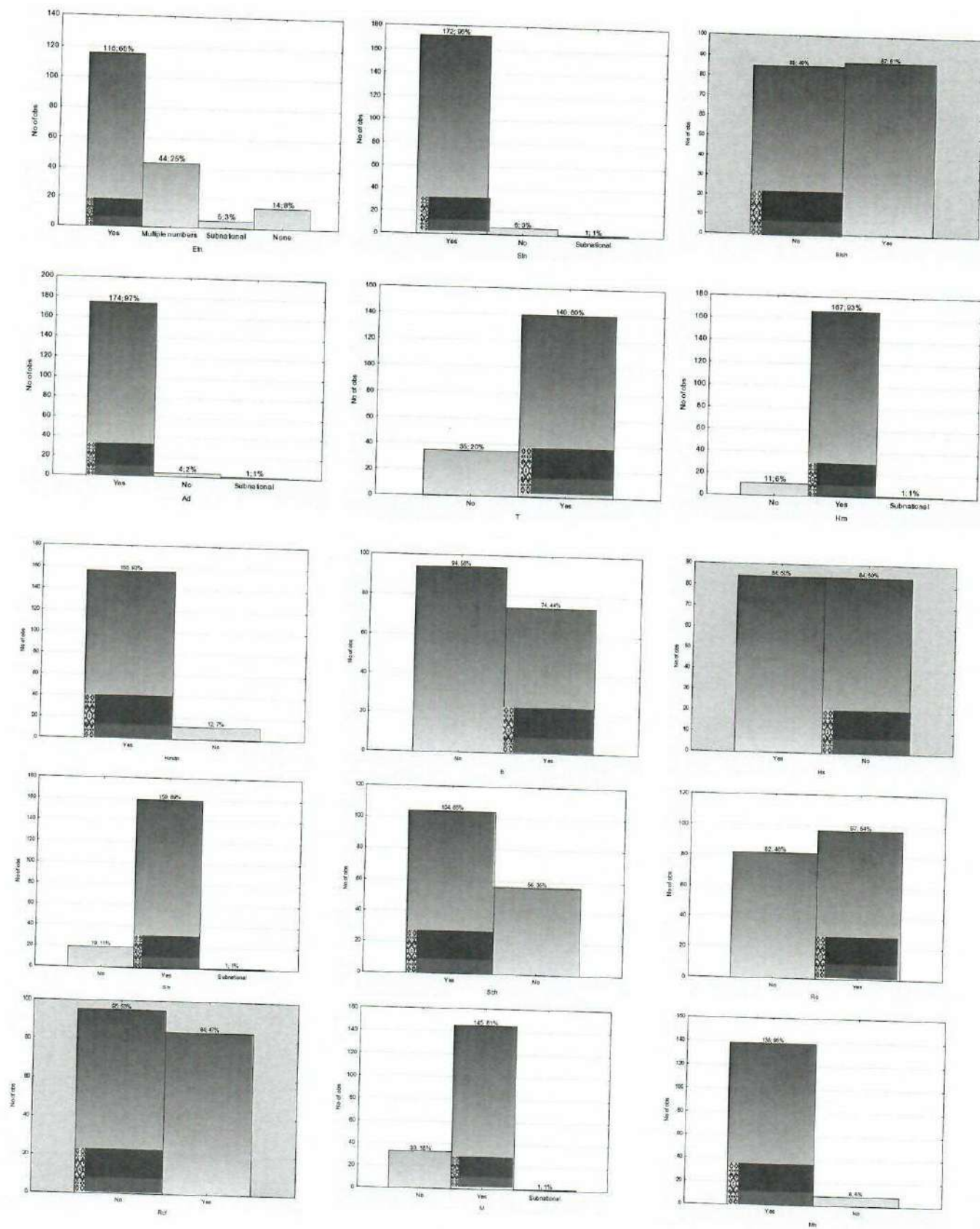


Рисунок 6 (продолжение) – Столбцовые диаграммы для номинальных (категориальных) переменных, а также для порядковых переменных, имеющих четыре и менее уровней:



– категория переменной, в которую вошла Республика Беларусь

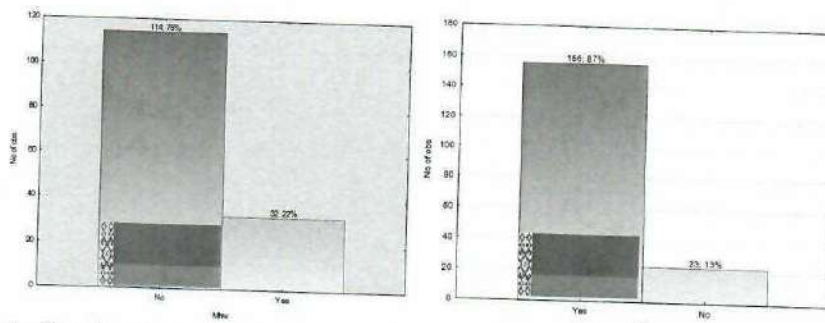


Рисунок 6 (окончание) – Столбчатые диаграммы для номинальных (категориальных) переменных, а также для порядковых переменных, имеющих четыре и менее уровней:

– категория переменной, в которую вошла Республика Беларусь

Приведенные на рисунке 6 диаграммы показывают количество и долю стран, значения которых попадают в ту или иную категорию переменной. Также видно положение Республики Беларусь в этих категориях (на них изображен национальный флаг Республики Беларусь) и переменные, в которых наша страна находится в более «худшей» с точки зрения безопасности дорожного движения категории (область построения таких гистограмм закрашена). Так, например, по переменной «наличие финансирования деятельности ведущего органа из бюджета страны» (Lbf) в 126 странах (76 %) деятельность ведущего органа по безопасности дорожного движения финансируется из бюджета страны. Для остальных 24 % (39 стран) такое финансирование не предусмотрено. Республика Беларусь по данной переменной попадает в категорию стран, где отсутствует финансирование деятельности ведущего органа по безопасности дорожного движения из бюджета страны. Представляется, что отсутствие такого финансирования негативно сказывается на состоянии безопасности дорожного движения, и переход в иную категорию позволит улучшить показатели аварийности. Так же предположительно улучшит безопасность дорожного движения в Республике Беларусь:

- наличие финансирования реализации стратегии по БДД из бюджета;
- наличие пропагандирования пешеходных и велосипедных передвижений;
- наличие стандартов по лобовому столкновению;
- требования к наличию систем управления устойчивостью;
- требования по наличию систем защиты пешеходов;
- наличие системы мониторинга травм на базе пунктов скорой помощи;
- возможность местных властей изменять максимальные значения скоростей;
- наличие утвержденных стандартов к шлемам;
- распространяется ли законодательство на детей, сидящих на передних сидениях;

Получено 18.03.2018.

S. A. Azemsha, A. P. Tsalko. Calculation of describing statistics of the UN global report on the status of road safety in the world.

The problem of accidents is realized at the supranational level and for a long time fruitful and hard work is being done to collect, analyze and process data on the state of accidents in the member countries of the United Nations. Unification of the forms of accident statistics has made it possible to accumulate extensive statistical information on the parameters of countries related to road traffic. In 2015, the next Global Report of the United Nations on the state of road safety in the world was published. The report contains road safety profiles of 179 member countries of the United Nations. Qualitative and complete processing of such statistical information will allow to identify the main directions of work to improve road safety, including in the Republic of Belarus.

In the article variables of the countries of the United Nations Global Report on the state of road safety in the world are considered. Among these variables, the dependent ones are established, i.e., with the help of which the state of road safety is assessed and independent, i.e. those that can be manipulated to affect dependent variables. For each variable, a measurement scale was set. Depending on the scale of measurements, calculation of descriptive statistics for each variable was carried out. A comparative analysis of the obtained descriptive statistics with the corresponding profile variables of the Republic of Belarus was made.

– распространяется ли закон на мобильные телефоны, используемые без помощи рук.

Выводы. Результаты научной работы позволили систематизировать информацию Глобального отчета по безопасности дорожного движения ООН: описать переменные этого отчета о состоянии БДД, дать им условные обозначения, установить шкалы измерений, выделить зависимые и независимые переменные, провести расчет их описательных статистик и оценить состояние показателей аварийности в Республике Беларусь. Данная работа является фундаментом для дальнейших статистических исследований переменных Глобального отчета по безопасности дорожного движения ООН с целью разработки мероприятий по повышению безопасности дорожного движения в Беларуси.

Список литературы

- 1 GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/Internacional/Documents/Global%20Status%20Report%20On%20Road%20Safety%202015.pdf>. – Дата доступа: 29.06.2018.
- 2 **Аземша, С. А.** Применение научных методов в повышении безопасности дорожного движения : [монография] / С. А. Аземша, А. Н. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 191 с.
- 3 StatSoft, Inc. : Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс]. – М. : StatSoft, 2012. – Режим доступа : <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>. – Дата доступа : 18.03.2018.
- 4 **Боровиков, В. И.** STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере / В. И. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 650 с. : ил.+ CD-ROM. – (Для профессионалов).
- 5 **Боровиков, В. П.** Б83 Популярное введение в современный анализ данных в системе. STATISTICA : учеб. пособие для вузов / В. П. Боровиков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 288 с.
- 6 Statistica 13.3. Компьютерная программа. Серийный номер JRR709H998119TE-A.

УДК 681.5

С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Е. Ю. БРЕЛЬ, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВЕЛОСИПЕДНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Транспортная подвижность населения – показатель мобильности, зависящий от экономических и социальных факторов жизни, а также от уровня развития транспортной системы. Классически этот показатель измеряется числом поездок на душу населения, затрачиваемого на передвижение времени, транспортной работы (пассажиروоборота) по каждому способу передвижения. Современный человек в повседневной жизни может использовать различные средства передвижения: личный автомобиль, общественный транспорт, пешие передвижения и т.д. В сложившихся в Республике Беларусь условиях преимущество отдается именно автомобильному транспорту, поскольку он сочетает в себе наилучшие соотношения стоимости и качества передвижения для большинства граждан. В то же время далеко не каждый автовладелец, отдавая приоритет комфорту и экономии времени, реально оценивает вред автотранспорта. Альтернативой автомобильному транспорту может стать велосипедный, который на текущее время популярен во многих городах европейских стран, и только начинает набирать свою популярность в Республике Беларусь.

В статье оценена динамика изменения показателей транспортной подвижности населения в Республике Беларусь, обозначены основные негативные тенденции, сложившиеся в данной сфере, предложены решения для стабилизации ситуации. При написании статьи использовались методы системного и ситуационного анализа, методы сравнения и аналогий, сбора, обобщения и систематизации данных, статистического моделирования, стандартные математические методы и прикладные компьютерные программы, применяемые при решении задач в статистической постановке.

В Республике Беларусь наблюдается рост показателей транспортной подвижности населения. Имеющиеся статистические данные позволяют количественно оценить транспортную подвижность по значениям следующих критериев:

- количество поездок одного жителя на общественном транспорте в год (рисунок 1);
- годовой пассажирооборот всех видов общественного

транспорта (см. рисунок 1), млн пас·км/год;

- средняя дальность поездки одного пассажира на общественном транспорте (см. рисунок 1), км;
- число легковых автомобилей в личной собственности граждан на 1000 жителей (рисунок 2);
- абсолютное и относительное на душу населения значение проданного гражданам автомобильного бензина и дизельного топлива (рисунок 3).

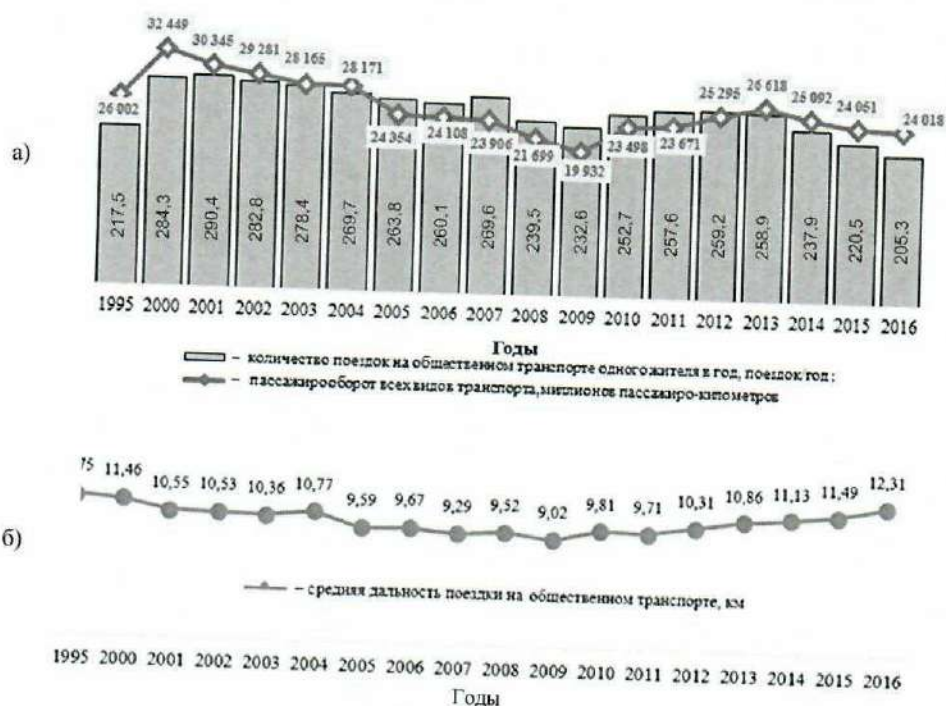


Рисунок 1 – Характеристики передвижений на общественном транспорте:

а – годовое количество поездок на общественном транспорте одного пассажира и пассажирооборот всех видов транспорта в Республике Беларусь за 1995–2016 годы; б – средняя дальность поездки на общественном транспорте в Республике Беларусь за 1995–2016 годы [1–3]

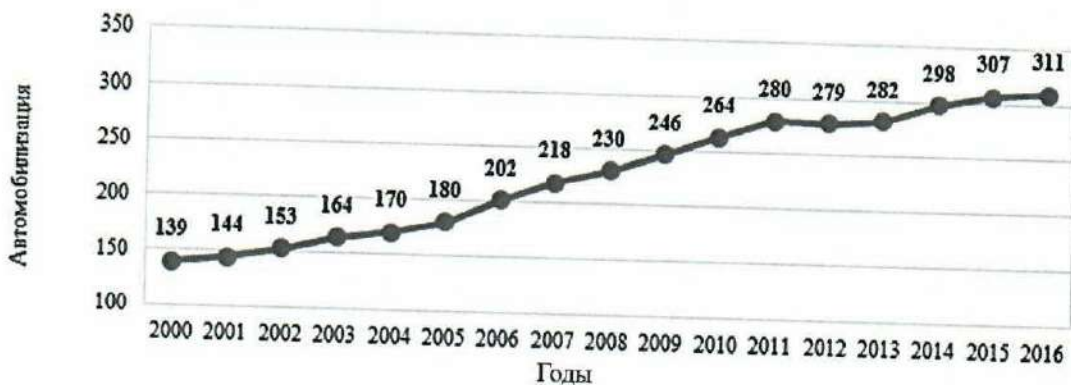


Рисунок 2 – Число легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей [4]

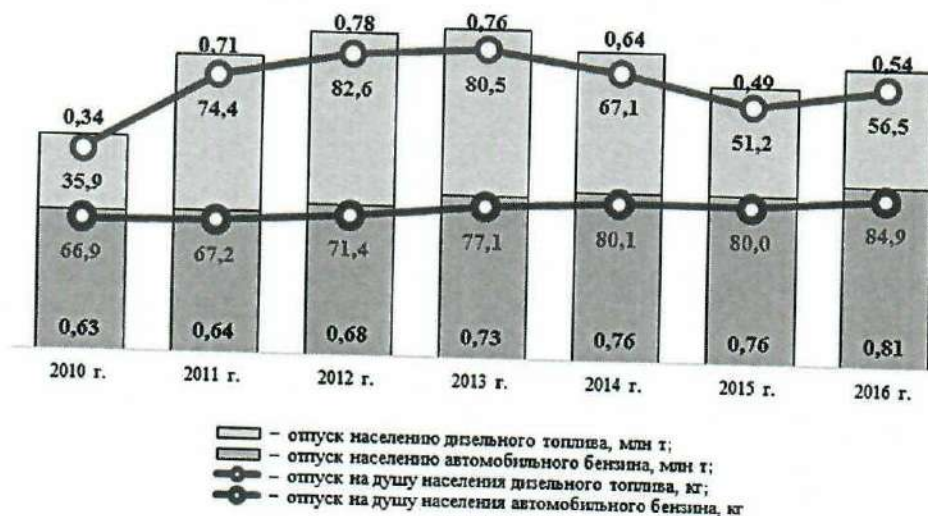


Рисунок 3 – Потребление автомобильного бензина и дизельного топлива населением Республики Беларусь [5, 6]

Анализ рисунков 1–3 показывает ежегодный прирост для некоторых показателей (например, число легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей на рисунке 2) наряду с имеющимися спадами для других показателей (например, годовое количество поездок на общественном транспорте одного пассажира на рисунке 1). Для количественной оценки динамики изменения исследуемых показателей были использованы следующие критерии:

1 **Изменение абсолютного значения показателя за исследуемый период**, которое показывает разность между значениями показателя в конце и в начале анализируемого периода:

$$\Delta_a = Y_{\text{нач}} - Y_{\text{конеч}} \quad (1)$$

где $Y_{\text{нач}}$, $Y_{\text{конеч}}$ – значение исследуемого показателя в конечном и начальном году соответственно.

Для показателя «Число легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей» (см. рисунок 2) значение этого параметра будет $\Delta_a = 311 - 139 = 172$ авт/1000 жит.

2 **Относительное изменение показателя в конечном году по отношению к начальному**, которое показывает разность между значениями показателя в конце и в начале анализируемого периода, отнесенную к значению показателя в начале периода:

$$\Delta_o = \frac{Y_{\text{конеч}} - Y_{\text{нач}}}{Y_{\text{нач}}} \cdot 100 \quad (2)$$

Для показателя «Число легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей» (см. рисунок 2) значение этого параметра будет $\Delta_o = \frac{311 - 139}{139} \cdot 100 = 55,3\%$.

3 **Тенденция показателя, показывающая направление движения чего-либо**. Применительно к выполняемому анализу тенденция показывает направление движения анализируемого показателя. Фактически под тенденцией будем понимать 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 формулу, по которой находится тенденция (рисунок 4):

$$t_y = \frac{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2} \quad (3)$$

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).

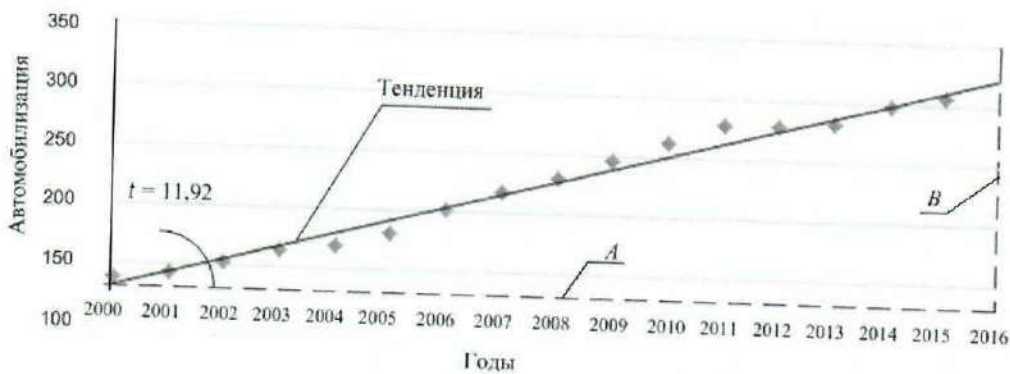


Рисунок 4 – Иллюстрация оценочного показателя – тенденции (t_y) на примере числа легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей

На рисунке 4 приведены данные о числе легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей за период с 2000 по 2016 гг. Сплошной линией показана тенденция этого показателя. Численное значение тенденции будет равно тангенсу угла наклона линии тенденции относительно оси абсцисс, который в свою очередь равен отношению противолежащего катета (сторона B) к прилежащему катету (сторона A). Тенденция показывает, на сколько изменится функция при изменении независимой переменной на единицу. Значение тенденции в этом случае, рассчитанное из выражения (3), будет $t_y = 11,92$.

Таким образом, тенденция числа легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей за период с 2000 по 2016 гг. свидетельствует:

- о направлении движения этого показателя: если тенденция положительная, то он возрастает, а если отрицательная, – то снижается. Для приведенного на рисунке 4 показателя $t_y = 11,92$, что говорит об общей тенденции увеличения числа легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей;

- об эластичности функции: на сколько изменяется зависимая переменная при изменении независимой на единицу. При анализе показателей транспортной подвижности исследовалась их зависимость от времени, единицей измерения которого был принят календарный год. Поэтому численное значение тенденции показывает, как изменится показатель за один год. Для числа легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей $t_y = 11,92$, что говорит о том, что при сохранении такой тенденции количество легковых автомобилей в Республике Беларусь в личной собственности граждан на 1000 жителей ежегодно будет увеличиваться на 11,92 ед. /1000 жит.

4 Тренд показателя. Наличие тренда говорит об устойчивости динамики изменения показателя. Часто

используемым на практике критерием проверки наличия (отсутствия) тренда является критерий восходящих и нисходящих серий. Он реализуется в виде последовательности известных шагов, описанных, например, в [7]. Применяются и иные критерии (например, коэффициент автокорреляции, критерий серий, основанный на медиане выборки).

Результаты расчета приведенных критериев оценки динамики изменения показателей транспортной подвижности представлены в таблице 1. Анализ этой таблицы позволяет сделать следующие основные выводы:

1 Имеется устойчивость в росте:

- продаваемого населению автомобильного бензина, как в абсолютном, так и в относительном (на душу населения) количестве. При этом ежегодный прирост продаж бензина составляет порядка 30 тыс. т, а на душу населения – 3,2 кг. За период с 2010 по 2016 гг. абсолютный прирост продаж автомобильного бензина составил 180 тыс. т (28,57%), а на душу населения – 18 кг (3,2%);

- количества зарегистрированных легковых автомобилей в собственности граждан на 1000 человек населения. При этом ежегодный прирост уровня автомобилизации составляет почти 12 авт. на 1000 жителей. Абсолютный прирост за период с 2000 по 2016 г. составил 171 авт. на 1000 жителей, что эквивалентно относительному росту на 123%;

- средней дальности поездки на общественном транспорте. При этом ежегодный прирост средней дальности поездки пассажира составляет 0,044 км. Абсолютный прирост за период с 2000 по 2016 г. составил 0,85 км, что эквивалентно относительному росту на 7,4%.

2 Имеется устойчивость в снижении:

- годового количества поездок на общественном транспорте одного жителя. При этом ежегодное снижение практически достигает четырех поездок в год на каждого жителя. В 2016 г. по отношению к 2000 г. абсолютное снижение составило 79 поездок в год на одного жителя (27,79%);

– пассажирооборота всех видов транспорта. При этом ежегодное снижение составляет почти 400 млн пас·км. В 2016 г. по отношению к 2000 г. абсолютное снижение составило 8,4 млрд пас·км в год (25,98 %).

Такие выводы свидетельствуют о росте транспортной подвижности населения Республики Беларусь. Причем очевидным является перекос транспортного спроса в сторону использования личного легкового автомобиля. Это

выражается в росте автомобилизации (т.е. растет число автомобилей), увеличении объема продаж автомобильного топлива (т.е. автомобилями чаще пользуются), снижении показателей использования пассажирского общественного транспорта. Бесконтрольный, неуправляемый перекос транспортного спроса в сторону легкового автомобиля чреват известными проблемами – экологическими, экономическими, аварийными.

Таблица 1 – Расчет критериев оценки динамики изменения исследуемых величин

Год	Отпуск населению топлива, млн т		Отпуск на душу населения, кг		Автомобилизация, число легковых автомобилей в собственности граждан на 1000 человек населения	Количество поездок на общественном транспорте одного жителя в год, поездок/год	Пассажирооборот всех видов транспорта, млн пас·км	Средняя дальность поездки на общественном транспорте, км	
	автомобильного бензина	дизельного топлива	автомобильного бензина	дизельного топлива					
2000	–	–	–	–	139	284,3	32 449	11,46	
2001	–	–	–	–	144	290,4	30 345	10,55	
2002	–	–	–	–	153	282,8	29 281	10,53	
2003	–	–	–	–	164	278,4	28 165	10,36	
2004	–	–	–	–	170	269,7	28 171	10,77	
2005	–	–	–	–	180	263,8	24 354	9,59	
2006	–	–	–	–	202	260,1	24 108	9,67	
2007	–	–	–	–	218	269,6	23 906	9,29	
2008	–	–	–	–	230	239,5	21 699	9,52	
2009	–	–	–	–	246	232,6	19 932	9,02	
2010	0,63	0,34	66,9	35,9	264	252,7	23 498	9,81	
2011	0,64	0,71	67,2	74,4	280	257,6	23 671	9,71	
2012	0,68	0,78	71,4	82,6	279	259,2	25 295	10,31	
2013	0,73	0,76	77,1	80,5	282	258,9	26 618	10,86	
2014	0,76	0,64	80,1	67,1	298	237,9	25 092	11,13	
2015	0,76	0,49	80,0	51,2	307	220,5	24 051	11,49	
2016	0,81	0,54	84,9	56,5	311	205,3	24 018	12,31	
Δ_a	0,18	0,20	18,00	20,60	171	-79	-8431	0,85	
Δ_o	28,57	58,82	26,91	57,38	123,09	-27,79	-25,98	7,39	
t_y	0,031	0,001	3,154	-0,004	11,918	-3,923	-399,809	0,044	
Тренд по	коэффициенту автокорреляции временного ряда	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть
	критерию серий, основанный на медиане выборки	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть
	критерию “восходящих” и “нисходящих” серий	Есть	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть

Примечание – Цветом выделены ячейки, для которых установлено наличие тренда.

Для снижения (сдерживания роста) автомобилизации и снижения активности пользования личными легковыми автомобилями должна быть разработана и реализована государственная политика, направленная на стимулирование использованием альтернативными способами передвижения. Одним из таких способов передвижения являются велосипедные, а способом стимулирования – создание соответствующей инфраструктуры. Конечно, процесс создания, а также параметры велоинфраструктуры должны регламентироваться. К нормативно-правовым документам в области организации велосипедного движения в Республике Беларусь относятся:

1 Правила дорожного движения, утвержденные Указом Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 551 «О мерах по повышению безопасности дорожного движения» с изменениями и дополнениями. Рассматриваемые вопросы в области велосипедного движения:

- устанавливают определения «велосипед», «велосипедная дорожка»;
- требования к размещению велосипедиста на проезжей части;
- правила дорожного движения для велосипедистов по улично-дорожной сети;
- технические средства организации дорожного движения, предназначенные для регулирования и организации движения;
- требования к техническому состоянию и оборудованию велосипеда.

2 СТБ 1300–2014 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения», утвержденный постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 28 января 2014 г. № 5. Рассматриваемые вопросы в области велосипедного движения:

- правила применения и установки технических средств организации дорожного движения (светофоров, дорожных знаков, дорожной разметки и т.п.);
- геометрические параметры дорожек и проездов, предназначенных для движения велосипедистов.

3 ТКП 45-3.03-227–2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования», утвержденный приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 17 декабря 2010 г. № 485. Рассматриваемые вопросы в области велосипедного движения:

- некоторые варианты организации велосипедного движения на территории городской застройки;
- геометрические параметры проектируемых полос и дорожек, предназначенных для движения велосипедистов (уклоны, радиусы закруглений, ширина);
- геометрические параметры парковок для велосипедов.

4 ТКП 45-3.01–116–2008 «Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки», утвержденный приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 28 ноября 2008 г. № 439. Рассматриваемые вопросы в области велосипедного движения:

– потребность в разработке схем велосипедного движения в населенных пунктах;

– варианты организации велосипедных дорожек в зависимости от типа улиц населенных пунктов.

5 СТБ 1140-2013 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические условия», утвержденный постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 31 октября 2013 г. № 56. Рассматриваемые вопросы в области велосипедного движения:

– размеры дорожных знаков, технические требования к форме, цвету, компоновке, конструкции, светотехническим характеристикам (яркости, удельному коэффициенту силы света и т. д.), конструкционным материалам и покрытиям.

6 СТБ 1231-2012 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Общие технические условия», утвержденный постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 20 апреля 2012 г. № 21. Рассматриваемые вопросы в области велосипедного движения:

– технические требования к дорожной разметке (геометрические параметры линий разметки, применяемые материалы для нанесения дорожной разметки, гарантийный срок эксплуатации дорожной разметки).

7 ТКП 45-3.02-69-2007 (02250) «Благоустройство территорий. Озеленение. Правила проектирования и устройства», утвержденные приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 20 декабря 2007 г. № 416. Рассматриваемые вопросы в области велосипедного движения:

– расстояния от элементов велосипедной инфраструктуры до посадок растений.

Ежегодно количество велосипедистов на улицах городов возрастает [8], в результате чего возникает потребность в создании сети велосипедных дорог, правильной реализации объектов велосипедной инфраструктуры, позволяющих разделять конфликтующие потоки пешеходов, велосипедистов и автотранспорта. На сегодняшний день велодорожки в Гомеле существуют в разнесенном виде, некоторые из них находятся в неудовлетворительном состоянии. В 2015 г. на некоторых тротуарах в Гомеле (по пр. Речицкому, пр. Космонавтов и ул. Мазурова) была нанесена дорожная разметка (1.1.1, 1.29, 1.33) и оборудованы дорожные знаки 4.5.1 «Начало велосипедной дорожки» и 4.5.2 «Конец велосипедной дорожки», в результате чего они перешли в разряд велодорожек. В 2016 г. подобным образом в ряд велодорожек перевелись и тротуары по «Восточному обходу» и ул. Объездной. За последние годы сформировалась концептуальная основа велотранспортной инфраструктуры и других городов Беларуси: Минска, Полоцка, Новополоцка, Могилева и т.д.

В то же время анализ состояния уровня аварийности с участием велосипедистов в Республике Беларусь по сравнению с другими странами (рисунок 5) показывает, что уровень социального риска для велосипедистов в нашей стране велик.

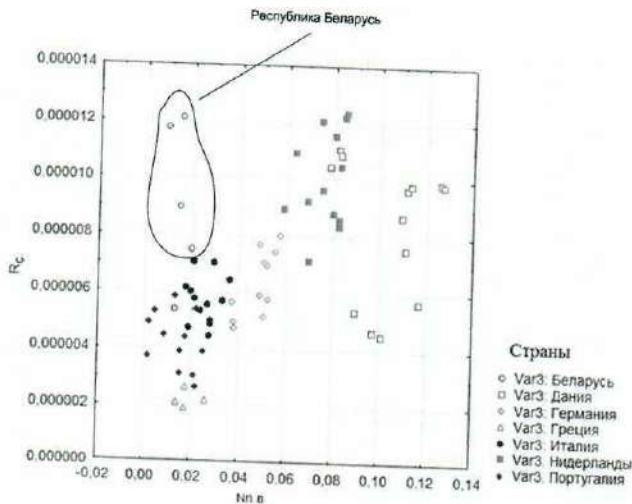
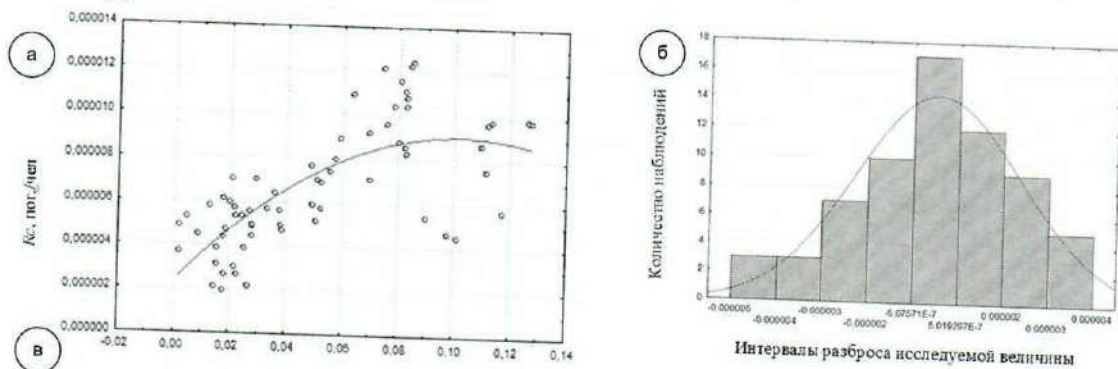


Рисунок 5 – Диаграмма рассеивания значения социального риска в зависимости от удельного годового объема продаж велосипедов по зарубежным странам и Республике Беларусь: R_c – социальный риск – количество погибших в ДТП велосипедистов на население; $N_{п.в}$ – удельный годовой объем продаж велосипедов – общее количество произведенных и импортируемых велосипедов за вычетом экспортируемых на население, шт/чел.

Регрессионный анализ (рисунок 6) позволил установить вид зависимости между изображенными на рисунке 5 переменными и подтвердить ее статистическую значимость.



Оценка	Свободный член	N_p	N_p^2
Значение	0,00000232	0,000132	-0,0006505
Стандартная ошибка	0,000000659	0,0000265	0,0002117
Критерий Стьюдента	3,52	4,99	-3,07
p -уровень	<0,05	<0,05	<0,05
Коэффициент корреляции		0,733	
Коэффициент детерминации		0,538	
Критерий Фишера		36,788	
p -уровень		<0,05	

Рисунок 6 – Результат регрессионного анализа зависимости между количеством погибших в ДТП велосипедистов на численность населения (R_c , пог./чел.) и удельным годовым объемом продаж велосипедов ($N_{п.в}$, шт/чел.): а – диаграмма рассеивания; б – гистограмма распределения остатков; в – характеристики регрессионной модели

Проведенный анализ хорошо иллюстрирует превышение уровня аварийности с участием велосипедистов в Республике Беларусь. Одной из причин такого положения дел является отсутствие единых, научно обоснованных подходов к организации велодвижения в городах. Для заполнения этого пробела разработан проект методических рекомендаций по организации велосипедного движения в городах [9]. Данный документ содержит следующие основные разделы: область применения проекта методических рекомендаций, нормативные ссылки, термины и определения, классификация объектов велосипедной инфраструктуры, общие технические требования к объектам велосипедной инфраструктуры, условия выбора варианта организации велосипедной инфраструктуры на перегоне, параметры объектов велосипедной инфраструктуры на перегоне и варианты их исполнения, организация велосипедного движения на перекрестках, организация движения велосипедистов в зоне остановочных пунктов маршрутного

пассажирского транспорта, рекомендуемые этапы создания велосипедной инфраструктуры, обустройство объектов велосипедной инфраструктуры техническими средствами организации дорожного движения (выдержка из СТБ-1300), типовые схемы применения ТСОДД при различных способах организации велосипедной инфраструктуры.

Проведенные по методике HEAT расчеты указывают на высокий экономический эффект от использования велосипеда вместо автомобиля – 7 630 000 евро, который достигается на 1000 человек населения за пять лет. Годовой экономический эффект от использования одним человеком в год составляет порядка 1526 евро при ежедневной длине поездки 10 км.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1 В Республике Беларусь наблюдается рост транспортной подвижности с использованием личного легкового автомобиля на фоне снижения параметров исполь-

зования общественного транспорта. Бесконтрольное, неуправляемое смещение транспортного спроса в сторону пользования личным легковым автомобилем приводит к ряду негативных проявлений. Ввиду этого целесообразно создать условия для смещения транспортного спроса в сторону реализации более экономичных способов передвижений – велосипедных поездок.

2 Регрессионный анализ аварийности с участием велосипедистов показал высокий уровень социального риска для Республики Беларусь.

3 Сравнительный анализ законодательства Республики Беларусь и ряда иностранных государств показал недостаточную законодательную проработку вопросов организации велосипедного движения в нашей стране.

4 С целью создания условий для повышения транспортного спроса на велосипедные перемещения, а также снижения аварийности с участием велосипедистов, разработан проект методических рекомендаций по организации велосипедного движения в городах республики.

Список литературы

1 Статистика транспорта [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации. – Минск, 2017. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=86538>. – Дата доступа: 01.05.2017.

2 Численность населения по областям и г. Минску [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/demografiya_2/g/chislennost-naseleniya-po-oblastyam-i-g-minsku/. – Дата доступа: 01.05.2017.

3 Перевозки пассажиров по видам транспорта [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/transport/godovye-dannye_12/perevozki-passazhirov-po-vidam-transporta/. – Дата доступа: 01.05.2017.

4 Статистика транспорта [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации. – Минск, 2017. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=86540>. – Дата доступа: 01.05.2017.

5 Система показателей энергоэффективности [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaya-statistika/sistema-pokazateley-energoeffektivnosti/otpusk-toplivno-energeticheskikh-resursov-na-dushu-naseleniya/>. – Дата доступа: 01.05.2017.

6 Статистика топливно-энергетического комплекса [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации. – Минск, 2017. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=86754>. – Дата доступа: 01.05.2017.

7 Аземша, С. А. Применение научных методов в повышении безопасности дорожного движения : [монография] / С. А. Аземша, А. Н. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 191 с.

8 Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Гомель, 2017. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 28.10.2017.

9 Брель, Е. Ю. Разработка проекта методических рекомендаций по организации велосипедного движения в городах : [магистерская дис.] / Е. Ю. Брель. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 140 с.

Получено 18.01.2018

S. A. Azemsha, E. Yu. Brel. Advisability and direction of cycling development in the Republic of Belarus.

Transport mobility of the population is a measure of mobility that depends on economic and social factors of life, as well as on the level of development of the transport system (in particular, on the level of motorization). It is measured by the number of trips spent time, transport work (passenger turnover) for each way of traveling. In everyday life modern people can use various means of transportation – a personal car, public transport, foot traffic, etc. In the conditions prevailing in the Republic of Belarus, preference is given to the road transport, since it combines the best balance of cost and quality of movement for most citizens. At the same time, not every car owner giving priority to comfort and saving time really appreciates the damage to vehicles. An alternative to the road transport can be cycling, which is currently popular in many cities of European countries, and only begins to gain its popularity in the Republic of Belarus.

The article assesses the dynamics of changes in the transport mobility of the population in the Republic of Belarus, identifies the main negative trends that have developed in this area, and suggests solutions for stabilizing the situation. When writing the article, methods of system and situational analysis, methods of comparison and analogies, data collection, generalization and systematization, statistical modeling, standard mathematical methods and applied computer programs used in solving problems in statistical formulation were used.

УДК 656.052:656.224

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, Т. А. ВЛАСЮК, кандидат технических наук, Р. М. КАРЯГДЫЕВ, студент, А. З. КУРБАНОВ, студент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗВИТИЕ ИНТЕГРАЦИИ ВИДОВ ТРАНСПОРТА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В МЕЖДУНАРОДНОМ СООБЩЕНИИ

Рассмотрены актуальные проблемы научно-методического обеспечения интеграции пассажирских перевозок международного сообщения между республиками Беларусь и Туркменистан с использованием различных видов транспорта. Определены параметры интеграции видов транспорта, которые могут быть использованы при выполнении пассажирских перевозок между столицами двух государств. Дана оценка ограничения использования различных видов транспорта с учетом экономических параметров. Приведены основные теоретические положения по обоснованию мероприятий эффективного развития пассажирских перевозок в данном направлении с учетом их окупаемости при использовании современных технологий и инвестиций.

Пассажирские перевозки в международном сообщении в ретроспективе формировались как часть транспортной деятельности на всех видах транспорта, и их активное развитие происходило на рубеже XIX–XX вв. [1] (рисунок 1).

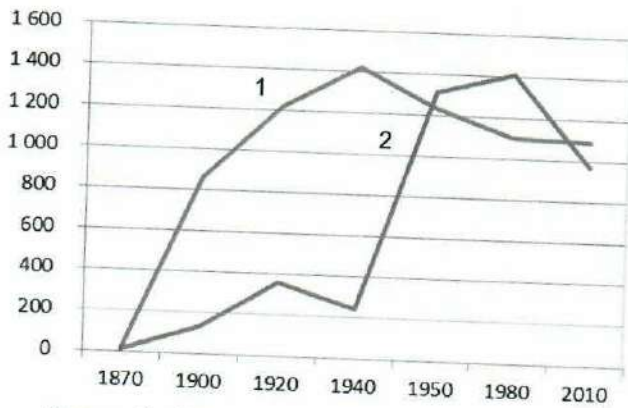


Рисунок 1 – Диаграмма ретроспективного развития международных пассажирских перевозок и железнодорожного транспорта:
1 – протяжённость железнодорожных линий, тыс. км;
2 – количество перевезенных пассажиров, тыс.

Как видно из приведенных диаграмм, интенсивный рост перевозок пассажиров в международном сообщении произошёл на всех видах транспорта в 2010–2017 гг.

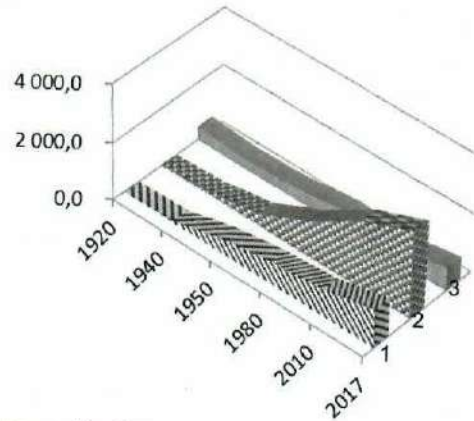


Рисунок 2 – Диаграмма ретроспективного развития международных пассажирских перевозок видами транспорта, тыс. пас.:
1 – воздушным; 2 – автотранспортом; 3 – водным

Как видно из приведенной диаграммы, при расширении сети железных дорог в период с 1920 по 1940 гг. отмечено снижение объёма перевозок пассажиров в международном сообщении. Однако в 50-е годы произошёл резкий их рост, что связано с послевоенной миграцией. В XXI в. объём перевозок пассажиров в международном сообщении стал также снижаться. Для отдельных государств снижение перевозок в международном сообщении составило 10–15 раз. Это связано с ростом международного туризма и сокращением частных и деловых поездок граждан в международном сообщении по железной дороге. Железная дорога оказалась консервативной к потребностям пассажиров и не смогла в XXI в. изменить технологию перевозок (кроме введения скоростных поездов в нескольких странах), что снизило интерес населения к оказываемым ею услугам при выполнении туристических поездок.

За этот период отмечается существенный рост перевозок пассажиров в международном сообщении на воздушном, водном и автомобильном транспорте (рисунок 2).

Увеличение объёмов перевозок пассажиров в международном сообщении на рассматриваемых видах транспорта связано с развитием международного туризма и введением чартерных рейсов, которые оказались более выгодными как для пассажиров, так и для транспортных организаций. На водном транспорте получили развитие круизные поездки на современных лайнерах с перевозкой одновременно 4–5 тыс. пас. Активность использования автобусных чартеров в Республике Беларусь связаны с массовым выездом её граждан к местам летнего отдыха на Украину, Болгарию, Румынию и страны Балтии (Литву и Латвию). Возросла также популярность воздушного транспорта при выполнении трансфертного обслуживания туристических поездов в Турцию, Египет, Черногорию, Болгарию. По этим маршрутам открыты авиалинии из всех областных центров республики.

Республика Туркменистан не является исключением. Рост благосостояния населения и развитие туризма активизировал увеличение пассажирских перевозок в международном сообщении в стране. При этом наибольший рост произошёл на воздушном транспорте (рисунок 3).

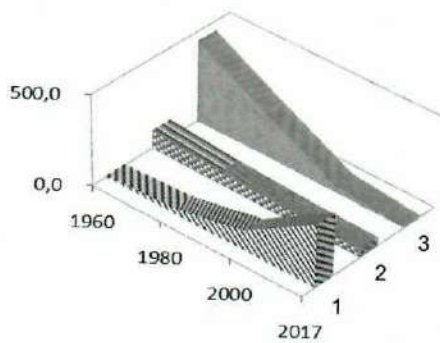


Рисунок 3 – Диаграмма ретроспективного развития международных пассажирских перевозок в Республике Туркменистан видами транспорта, тыс. пас.:
1 – воздушным; 2 – автотранспортом; 3 – железнодорожным

Из приведенных диаграмм видно, что в Республике Туркменистан в последние годы международное сообщение железнодорожным транспортом не производится, автобусное используется только для нужд туризма (в основном въездного). Виды транспорта практически взаимосвязаны. При этом:

- железнодорожный транспорт работает по классической схеме – отправление поездов из столицы (г. Ашхабад) выполняется вечером с прибытием на конечный пункт назначения утром. Из провинций в столицу расписанием отправления поездов предусмотрено вечернее время суток, а прибытие на ст. Ашхабад – утром. Перевозки пассажиров в дальнем сообщении выполняются двумя скорыми и пятью пассажирскими поездами, которые связывают Ашхабад со всеми населенными пунктами страны;

- воздушный транспорт выполняет перевозки пассажиров по двум видам сообщений: международные линии (29 рейсов в неделю) и местные (16 рейсов ежедневно). При выполнении международных авиаперевозок используется только расписание коммерческих рейсов. Чартерные рейсы не используются. Современный международный аэропорт в Ашхабаде расположен в городской черте и связан автотранспортом с железнодорожным вокзалом (9 км, продолжительность перевозки 18 мин) и международным пассажирским автотерминалом (соответственно 10,1 км и 18 мин);

- автомобильный транспорт работает по расписанию городской маршрутной сети, обеспечивающему связь международного аэропорта с международным пассажирским автотерминалом и железнодорожным вокзалом в удобное для авиапассажиров время.

Необходимо отметить, что объекты транспортной инфраструктуры, предназначенной для выполнения перевозок в международном сообщении, расположены в городской черте Ашхабада, что очень удобно для пассажиров в любое время суток.

Рассматривая связи между республиками Беларусь и Туркменистан, можно отметить, что прямого наземного сообщения (поездом и автобусом) нет. Воздушное сообщение представлено с 2016 г. двумя рейсами в неделю. Основной пассажиропоток между двумя государствами использует маршрут Минск – Стамбул – Ашхабад (2 рейса в сутки ежедневно). Логистика международных пассажирских перевозок между рассматриваемыми государствами представлена на рисунке 4.

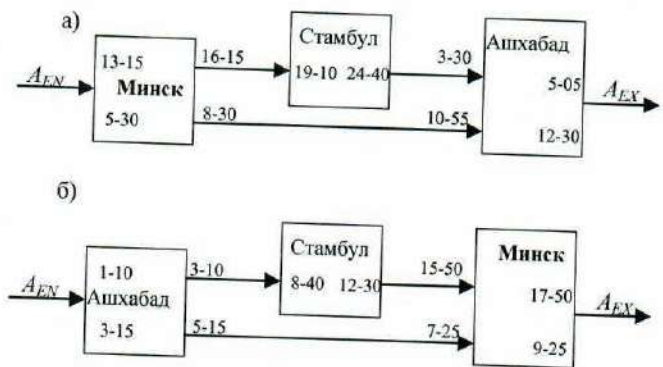


Рисунок 4 – Логистическая схема перевозок пассажиров между Республиками Беларусь и Туркменистан:
а – в прямом сообщении; б – в обратном

Из приведенных логистических схем международной пассажирской перевозки по маршруту Минск – Ашхабад видно, что более привлекательным является маршрут через Стамбул. Это связано с тем, чтобы попасть в аэропорт Минска в 5 ч 30 мин пассажиру нужно заезжать вечером маршрутным автобусом или поездом, либо использовать такси по повышенному тарифу. В Ашхабаде до часа ночи работает городской транспорт, увязывающий поездки пассажиров между железнодорожным и автовокзалами с аэропортом. Между республиками Беларусь и Туркменистаном наблюдается рост пассажирских авиаперевозок собственного зарождения (без транзита). Диаграмма его изменения приведена на рисунке 5.

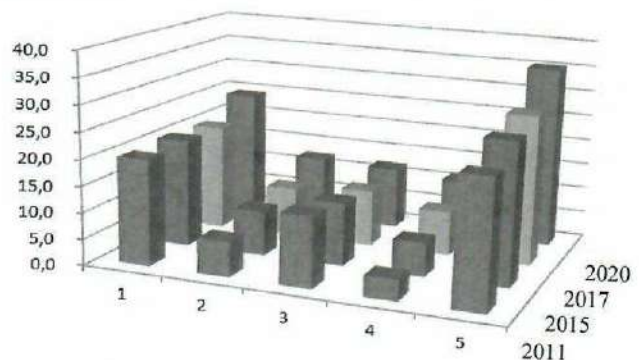


Рисунок 5 – Динамика изменения пассажиропотока на воздушном транспорте на маршруте Минск – Ашхабад, тыс. пас. в год:
1 – всего прямого сообщения; 2 – рейсом Минск – Ашхабад; 3 – с пересадкой в Стамбуле; 4 – транзитные пассажиры

Из приведенной диаграммы видно, что имеется перспективный рост пассажиропотока на направлении Минск – Ашхабад, который связан с увеличением количества обучающихся граждан Туркменистана в Республике Беларусь, поездок специалистов, деловых контактов, туристических поездок, транзитных пассажиров через аэропорты Минск и Ашхабад. В связи с этим для разработки мероприятий по дальнейшему совершенствованию перевозок между государствами необходимо применение нового методического обеспечения.

Методическое обоснование интеграции видов транспорта при совершенствовании логистики пассажирских перевозок на данном направлении, которое предусматривает: транспортное обеспечение прямых перевозок из регионов Республики Беларусь с ком-

фортной доставкой в аэропорты Минска и Ашхабада; транспортное обеспечение туризма; предоставление удобных и привлекательных трансферов транзитным пассажирам и др.

Оценка параметров интеграции видов транспорта при выполнении пассажирских перевозок по формальному признаку предусматривает [2]:

– распределение маршрутной сети видов транспорта по территории республик Беларусь и Туркменистана

$$x_i^k = \frac{\sqrt{S_i^k + b_i^k}}{S_i^k} + \frac{\sqrt{S_i^k + b_i^k}}{b_i^k};$$

– приоритетность маршрутов: международного значения

$$y_i^k = \sqrt{\frac{(S_i^k)^2}{(S_i^k)^2 + (b_i^k)^2}};$$

внутригосударственного значения

$$z_i^k = \sqrt{\frac{(b_i^k)^2}{(S_i^k)^2 + (b_i^k)^2}},$$

где S_i^k – количество коммуникаций вида транспорта, интегрированных в маршруты международного или внутригосударственного сообщения; b_i^k – количество коммуникаций вида транспорта, включенных в маршруты внутригосударственного сообщения или в переходы с одного международного маршрута в другой (при выполнении транзитных перевозок).

Для каждого вида транспорта выполняется расчёт показателя и делается функциональная оценка по двум параметрам: степени интеграции маршрутной и транспортной сети, а также плотность прохождения международных линий пассажирских перевозок. При формировании международных маршрутов перевозки пассажиров желательно, чтобы эти параметры совпадали. Ожидаемая результативность оценивается расчётными значениями с учётом условий, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Оценочные значения параметров интеграции видов транспорта

Условие оценки	Отнесение параметра
$x_i^k - y_i^k > 0$	Маршрутная сеть вида транспорта региона хорошо развита и имеет высокую плотность прохождения международных линий
$x_i^k - y_i^k < 0$	Маршрутная сеть вида транспорта региона имеет слабое развитие и требует дополнительного её усиления при использовании для международных перевозок грузов или пассажиров
$x_i^k - z_i^k > 0$	Маршрутная сеть вида транспорта региона хорошо развита в региональном значении, и отдается предпочтение перевозкам в местном сообщении
$x_i^k - z_i^k < 0$	Маршрутная сеть вида транспорта региона слабо интегрирована в международную транспортную сеть, и отдается предпочтение перевозкам в местном сообщении
$y_i^k - z_i^k > 0$	Маршрутная сеть вида транспорта региона хорошо интегрирована в международную транспортную сеть, и вид перевозок имеет приоритетное значение для данного транспорта
$y_i^k - z_i^k < 0$	Маршрутная сеть вида транспорта региона слабо интегрирована в международную транспортную сеть, и международные перевозки не имеют приоритетного значения для данного вида транспорта в регионе

Практические исследования показали, что для условий Республики Беларусь (например, для транспортного обслуживания населения Гомельской области в международном сообщении, автомобильный транспорт)

$$x_{PB}^{a,T} = 0,62; y_{PB}^{a,T} = 0,46; z_{PB}^{a,T} = 0,39.$$

С учётом того, что $0,62 - 0,46 = 0,16 > 0$, маршрутная сеть автомобильного транспорта региона хорошо развита и имеет высокую плотность прохождения международных линий. Так как $0,46 - 0,39 = 0,07 > 0$, то маршрутная сеть автомобильного транспорта хорошо интегрирована в международную транспортную сеть, и вид перевозок имеет приоритетное значение для данного вида транспорта. Он представляет высокий уровень конкуренции для железнодорожного транспорта.

Для Республики Туркменистан в целом:

– автомобильный транспорт –

$$x_{PT}^{a,T} = 0,28; y_{PT}^{a,T} = 0,61; z_{PT}^{a,T} = 0,16;$$

– железнодорожный транспорт –

$$x_{PT}^{a,T} = 0,72; y_{PT}^{a,T} = 0,43; z_{PT}^{a,T} = 0,41.$$

С учётом того, что $0,72 - 0,43 = 0,29 < 0$, маршрутная сеть железнодорожного транспорта региона недостаточно хорошо развита, но имеет высокую плотность прохождения международных линий. Причём все международные линии проходят через столицу государства г. Ашхабад. И, напротив, $0,72 - 0,41 = 0,31 > 0$ для железнодорожного транспорта, что говорит об интеграции его в международную транспортную сеть в регионе приоритетности его для населения региона.

По оценочным значениям показателей для Республики Туркменистан автомобильный транспорт имеет приоритетное значение для транспортного обслуживания населения г. Ашхабада, а железнодорожный – для региональных населенных пунктов.

С учетом полученных результатов выполняется расчёт критерия интеграции транспортной сети каждого вида транспорта: в региональную маршрутную сеть на территории рассматриваемого региона (χ_i^k); в маршрутную сеть международного значения, проходящую по территории региона (ω_i^k); в сеть внутригосударственного значения, проходящую по территории региона (μ_i^k).

Расчет выполняется следующим образом:

$$\chi_i^k = \frac{\sqrt{S_i^k + b_i^k}}{\sum_{i=1}^n S_i^k} + \frac{\sqrt{S_i^k + b_i^k}}{\sum_{i=1}^n b_i^k};$$

$$\omega_i^k = \frac{(S_i^k)^2}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (S_i^k)\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n (b_i^k)\right)^2}};$$

$$\mu_i^k = \frac{(b_i^k)^2}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (S_i^k)\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n (b_i^k)\right)^2}}.$$

На основании полученных результатов делается оценка степени интеграции маршрутной сети каждого вида транспорта в сеть региона и степень приоритетно-

сти пассажирских перевозок для рассматриваемого региона. Рассматриваются условия, исходя из таблицы 2.

Таблица 2 – Условия интеграции маршрутной сети видов транспорта

Условие оценки	Степень интеграции маршрутов
$\chi_i^k - \omega_i^k > 0$	Маршрутная сеть вида транспорта региона хорошо развита и интегрирована в его транспортную сеть
$\chi_i^k - \omega_i^k < 0$	Маршрутная сеть вида транспорта имеет слабое развитие и не имеет приоритетного значения для него
$\chi_i^k - \mu_i^k > 0$	Маршрутная сеть вида транспорта в регионе хорошо развита, но не интегрирована с другими видами транспорта
$\chi_i^k - \mu_i^k < 0$	Маршрутная сеть одного вида транспорта слабо интегрирована в транспортную сеть региона и отдается предпочтение пассажирским перевозкам другим видам транспорта
$\omega_i^k - \mu_i^k > 0$	Маршрутная сеть одного вида транспорта региона хорошо интегрирована в его транспортную сеть и имеет для него приоритетное значение
$\omega_i^k - \mu_i^k < 0$	Маршрутная сеть вида транспорта слабо интегрирована в транспортную сеть региона и не имеет для него приоритетного значения, в том числе для инвестирования и дальнейшего развития

Количество видов транспорта, рассматриваемое в расчетах, принимается равным: для Минска – $n = 3$ (воздушный, автомобильный и железнодорожный), для Ашхабада – $n = 4$, с учётом размещения аэропорта в городской черте и использовании городского транспорта.

Выполненные специалистами БелГУТа исследования показателей интеграции видов транспорта показали результативность, приведенную в таблице 3.

Выводы:

1 Пассажирские перевозки в международном сообщении между республиками Беларусь и Туркменистан активно развиваются с учетом развития туризма и возможностей авиапредприятий по освоению возрастающего пассажиропотока.

2 Для трансфертного обслуживания населения, использующего аэропорт Минск-2, приоритетным остаётся автомобильный транспорт. Для авиапассажиров, использующих для поездок аэропорт в г. Ашхабаде, приоритетным является автомобильный транспорт непосредственно для жителей г. Ашхабада и железнодорожный – других регионов страны.

Получено 26.02.2018

Таблица 3 – Оценка интеграции маршрутной сети при трансфертном обеспечении международных авиаперевозок

Значение показателя	Реализованное условие интеграции
РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ	
Железнодорожный транспорт	
$\chi_i^{JP} = 0,58$; $\mu_i^{JP} = 0,71$; $\omega_i^{JP} = 0,86$	$0,58 - 0,86 < 0$; $0,58 - 0,71 < 0$; $0,86 - 0,71 > 0$; железнодорожная маршрутная сеть имеет слабое развитие по отношению к аэропорту Минск-2; не интегрирована с другими видами транспорта и не имеет приоритетного значения у пассажиров, имеет приоритетное значение для населения региона
Автомобильный транспорт	
$\chi_i^{AP} = 0,46$; $\mu_i^{AP} = 0,29$; $\omega_i^{AP} = 0,39$	$0,46 - 0,39 > 0$; $0,46 - 0,29 > 0$; $0,46 - 0,29 > 0$; транспортная сеть хорошо развита, но не интегрирована в маршрутные сети других видов транспорта; хорошо интегрирована с собственной маршрутной сетью и является приоритетной для транспортного обслуживания аэропорта Минск-2
РЕСПУБЛИКА ТУРКМЕНИСТАН	
Железнодорожный транспорт	
$\chi_i^{JP} = 0,82$; $\mu_i^{JP} = 0,71$; $\omega_i^{JP} = 0,63$	$0,82 - 0,63 > 0$; $0,37 - 0,54 < 0$; $0,58 - 0,71 < 0$; маршрутная сеть пассажирских перевозок железнодорожного транспорта для трансфертного обслуживания авиапассажиров имеет хорошее развитие и имеет для жителей регионов приоритетное значение
Автомобильный транспорт	
$\chi_i^{AP} = 0,37$; $\mu_i^{AP} = 0,41$; $\omega_i^{AP} = 0,54$	$0,37 - 0,54 < 0$; $0,37 - 0,41 < 0$; $0,54 - 0,41 > 0$; отсутствие интегрированной маршрутной сети для трансфертного обслуживания регионов страны; отдается предпочтение железнодорожному транспорту, а маршрутная сеть хорошо интегрирована в сеть городского транспорта, которая является предпочтительной для населения г. Ашхабада.

Список литературы

- 1 История транспорта : учеб. пособие / А. А. Михальченко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 366 с.
- 2 Основы теории транспортных систем и процессов : учеб. пособие / А. А. Михальченко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 382 с.
- 3 Пригородные пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь (ретроспектива и развитие) : [монография] / Т. А. Власюк, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 201 с.
- 4 Анализ хозяйственной деятельности железнодорожной отрасли. Практикум : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 232 с.
- 5 Отчёт Всемирного банка за 2016 г, секция «Транспорт», гл. 7, Туркменистан. – Нью Йорк, 2017. – 328 с.
- 6 Мониторинг рынка транспортных услуг : учеб. пособие / А. А. Михальченко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 279 с.

A. A. Mikhalchenka, T. A. Vlasuk, R. M. Caryagdyev, A. Z. Curbanov. Development of integration of passenger transportations in international communication.

The urgent problems of scientific and methodological support for the integration of passenger transportation of international traffic between the Republics of Belarus and Turkmenistan with the use of various modes of transport are considered. The parameters of the integration of modes of transport that can be used in the performance of passenger traffic between the capitals of the two states are determined. The estimation of restriction of use of various kinds of transport with the account of economic parameters is given. The main theoretical provisions for substantiating the measures of effective development of passenger transportation in this direction are given, taking into account their payback using modern technologies and investments.

УДК 656.13

Д. П. ХОДОСКИН, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАСЧЕТ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ В КОНФЛИКТЕ «ТРАНСПОРТ – ТРАНСПОРТ» В ПОПУТНОМ ПОТОКЕ С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ДИЛЕММЫ

На примере конкретного перекрестка применена методика по определению местоположения зоны дилеммы. Определен тип зоны дилеммы и дана его подробная характеристика. Сделан вывод о влиянии параметров выявленной зоны на аварийность в попутном потоке. Представлены результаты расчетов потенциальной опасности для наиболее аварийных конфликтных точек (КФТ) и конфликтных зон (КФЗ) в попутном потоке на перекрестке. Определены вероятное количество приведенных дорожно-транспортных происшествий (ДТП), ДТП со смертельным исходом, с ранением и с материальным ущербом в каждой из КФЗ и по перекрестку. При расчетах потенциальной опасности учтены параметры выявленных зон дилеммы. Сделаны выводы о недостаточности времени оповещения водителя о предстоящей смене сигналов светофора.

Столкновения в попутном потоке происходят в основном при экстренном торможении лидирующего автомобиля, вызванном недостаточным временем оповещения водителя о предстоящей смене сигналов светофора при подъезде к перекрестку. Экстренное торможение при подъезде к конфликтному объекту наиболее часто встречается тогда, когда водители попадают в так называемую «зону дилеммы», и зачастую ее тип и параметры также существенно влияют на величину замедления при торможении [1, 2].

В качестве опытного был взят двухфазный перекресток пр-т Космонавтов – ул. Б. Царикова – ул. Рабочая. В ходе исследования местоположения зоны дилеммы с использованием методики, изложенной в работах [3–5], было выявлено присутствие на перекрестке пятого типа – активной зоны дилеммы, которая по своим характеристикам считается безопасной. Графический ее вид приведен на рисунке 1.

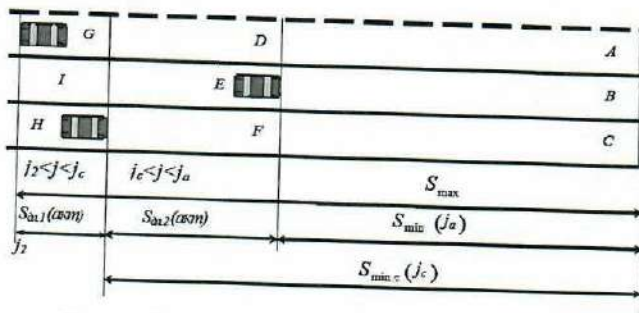


Рисунок 1 – Расположение зоны дилеммы в случае $S_{\min} < S_{\min c} < S_{\max}$ [3]

Водитель автомобиля, находящегося на расстоянии S_{\max} и менее, то есть в зонах А, D или G, имеет возможность проехать регулируемый перекресток (РПК). Водитель – на расстоянии S_{\min} – остановится перед стоп-линией при использовании замедления j_a , но находящийся уже в зоне В остановиться безопасно не сможет. Водитель, находящийся в зоне F, остановится с замедлением $j_c < j < j_a$. Первая зона дилеммы (активная) возникает в зоне I. Водитель, находящийся в этой зоне, имеет две возможности: проехать РПК или остановиться с замедлением $j_2 < j < j_c$, причем оба варианта безопасны. Вторая зона дилеммы (также активная) возникает в зоне E, попав в которую, водитель может как проехать РПК, так и остановиться с замедлением $j_c < j < j_a$, причем и эти два варианта также безопасны.

Расчет основных параметров четырех зон дилеммы, имеющих место на опытном РПК, производился по методике [3–5], результаты приведены в таблице 1, где: S_{\min} – расстояние до стоп-линии необходимое автомобилю для остановки при экстренном замедлении; $S_{\min c}$ – расстояние до стоп-линии, необходимое автомобилю для остановки при служебном замедлении; a – ускорение автомобиля при проезде РПК на желтый сигнал; l – средняя длина конфликтного участника; S_{\max} – максимальное расстояние до стоп-линии, при котором автомобиль может проехать РПК в течение действия переходного интервала; $S_{дл1}$, $S_{дл2}$ – протяженности зон дилеммы.

Исходя из положений формирования конфликтных зон [1–2], на РПК имеется две такие зоны. Первая образована на полосах 1, 2, а вторая – 3 и 4 (рисунок 2). При этом конфликтная зона определяется протяженностью зоны дилеммы, которая располагается перед стоп-линией. Формула для определения потенциальной опасности КФТ имеет следующий вид [1–2]:

$$P_o = K_{он}^{1,02} K_v^{0,98} K_B^{1,12} K_p^{1,1} K_H^{1,06} K_y^{1,04} K_t, \quad (1)$$

где $K_{он}$ – коэффициент начальной вероятности конфликта; K_v – коэффициент скоростей; K_B – коэффициент вида конфликта; K_p – коэффициент плотности; K_H – коэффициент нарушений; K_y – коэффициент условий; K_t – коэффициент времени.

При расчете коэффициента начальной вероятности конфликта по сравнению с действующей методикой [1–2] были использованы параметры зоны дилеммы, такие как протяженность зоны в метрах и продолжительность зоны дилеммы в секундах. Итоги расчетов сведены в таблицу 2.

В результате проведенных расчетов установлено, что в регулируемом режиме наибольшую опасность при движении в попутном потоке представляют КФТ 3 и 4 – т.е. КФЗ 2, потенциальная опасность которой составляет 21,86 ед. Вероятное количество приведенных ДТП в КФЗ 1 и КФЗ 2 соответственно составляет 1,99 и 23,89 прив. ДТП/год. Вероятное количество ДТП со смертельным исходом для КФЗ 1 составляет 0,0025, а для КФЗ 2 – 0,0302. Вероятное количество ДТП с ранением в КФЗ 1 и КФЗ 2 соответственно равно 0,0222 и 0,267 ДТП/год. Вероятное количество ДТП с материальным ущербом в КФЗ 1 и КФЗ 2 равно 1,91 и 22,92 ДТП/год.

Таблица 1 – Параметры зон дилеммы

Параметры зоны дилеммы	Номер полосы			
	1	2	3	4
S_{\min} , М	18,1	19,49	22,28	19,21
$S_{\min c}$, М	29,95	32,59	37,94	32,05
a , М/с ²	2,89	2,78	2,56	2,81
l , М	5,44	5,08	5,17	5,25
S_{\max} , М	59,03	61,31	72,83	68,86
$S_{дл1}$	29,08	28,72	34,89	36,81
$S_{дл2}$	11,85	13,1	15,66	12,84

Таким образом, как показывают исследования на данном опытном РПК, конфликты в попутном потоке имеют место по причине недостаточного времени оповещения водителя о предстоящей смене сигналов светофора при подъезде к перекрестку. Причем большинство водителей, которые подъезжают к РПК, на зеленый мигающий сигнал предпочитают продолжать движение. Следовательно, вопрос о выборе решения «продолжить движение или остановиться» возникает у водителя только тогда, когда загорается желтый сигнал.

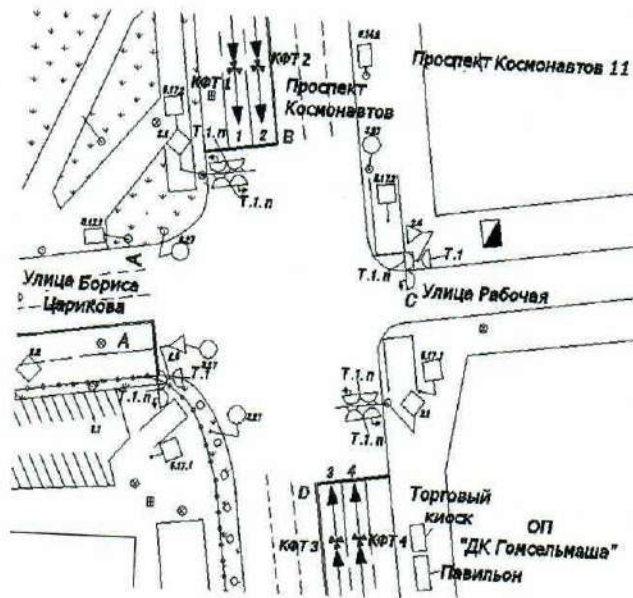


Рисунок 2 – Схема перекрестка с наименованием исследуемых полос

Таблица 2 – Расчет потенциальной опасности

Наименование параметра	Обозначение	Конфликтная точка			
		КФТ 1	КФТ 2	КФТ 3	КФТ 4
		КФЗ 1		КФЗ 2	
Коэффициенты:					
начальной вероятности конфликта	$K_{он}^{per}$	0,28	0,16	0,27	0,23
скоростей	K_v	5,36	9,69	9,49	7,52
вида конфликта	K_b	2,82	2,72	2,75	2,77
плотности	K_p^{per}	0,29	0,57	0,16	0,11
нарушений	K_n^{per}	4,57	2,07	10,11	11,25
условий	K_y^{per}	0,91	0,79	1,42	1,42
времени	K_t^{per}	1,84	1,84	1,84	1,84
Потенциальная опасность, ед.:					
КФТ 1-4	P_o^{per}	9,46	7,42	30,22	15,67
КФЗ 1	P_{oz1}	6,27		-	
КФЗ 2	P_{oz2}	-		21,86	
Вероятное количество приведенных ДТП в год:					
в КФЗ 1	P'_{a1}	1,99		-	
в КФЗ 2	P'_{a2}	-		23,89	
Вероятное количество ДТП со смертельным исходом в год:					
в КФЗ 1	P^c_{a1}	0,0025		-	
в КФЗ 2	P^c_{a2}	-		0,0302	
по обем КФЗ	P^c_a	-		0,0327	
Вероятное количество ДТП с ранением в год:					
в КФЗ 1	P^p_{a1}	0,0222		-	
в КФЗ 2	P^p_{a2}	-		0,267	
по обем КФЗ	P^p_a	-		0,2892	
Вероятное количество ДТП с материальным ущербом в год:					
в КФЗ 1	P^m_{a1}	1,91		-	
в КФЗ 2	P^m_{a2}	-		22,92	
по обем КФЗ	P^m_a	-		24,83	

То есть получается ситуация, когда у водителя, находящегося вблизи стоп-линии, остается 3 с на принятие одного из возможных решений. Причем при выборе варианта остановки у него в среднем 0,8 с уходит на время реакции, 0,2 с – на запаздывание срабатывания тормоз-

ного привода, 0,4 с – на время нарастания замедления, что в сумме составляет 1,4 с, и только спустя это время автомобиль начинает торможение. Плюс ему еще необходимо время на торможение с установившимся замедлением до полной остановки.

Причем, как правило, в таких ситуациях водители осуществляют торможение с величиной замедления (как показали исследования [6]) в пределах $5,5-6,5 \text{ м/с}^2$, что, естественно, и создает конфликтные ситуации, которые перерастают в ДТП.

Список литературы

- 1 Капский, Д. В. Совершенствование метода прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках для повышения безопасности движения : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / БНТУ; Д. В. Капский. – Минск, 2003. – 132 с.
- 2 Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : [монография] / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.
- 3 Ходоскин, Д. П. Столкновение с ударом сзади при подъезде к регулируемому перекрестку: выбор методов исследо-

вания и прогнозирования : [монография] / Д. П. Ходоскин. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2012. – 226 с.

- 4 Ходоскин, Д. П. Зона дилеммы: существующие методики и предложения по их усовершенствованию / Д. П. Ходоскин // Eastern-European journal of enterprise technologies (Восточно-европейский журнал передовых технологий). – Харьков, 2011. – № 5/4 (53). – С. 42–47.

- 5 Ходоскин, Д. П. Расположение зоны дилеммы: методика, недостатки существующих подходов / Д. П. Ходоскин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – Гомель : БелГУТа, 2012. – № 1(24). – С. 32–38.

- 6 Ходоскин, Д. П. Исследование зависимостей фактического расстояния до стоп-линии от начальной скорости торможения и времени оповещения на подъезде к регулируемому перекрестку / Д. П. Ходоскин, Р. Ю. Лагерева // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 10(57). – С. 130–137.

Получено 18.06.2018

D. P. Khadoskin. Calculation of potential hazards in the conflict «transport-transport» in a running flow with the account of the parameters of the zone of dilemma.

Using the example of a specific intersection, a technique has been used to determine the location of the dilemma zone. The type of the zone of the dilemma is determined and its detailed characteristic has been given. The conclusion has been made about the effect of the parameters of the identified zone on the accident rate in the passing stream. The results of potential hazard calculations for the most emergency conflict points (CFT) (and conflict zones (CFPs) in the passing stream at the crossroads) are presented. The probable number of reported road accidents (road accidents), fatal accidents, injuries and material damage in each of the CPZ and at the crossroads has been determined. The parameters of the identified zones of the dilemma has been taken into account in calculating the potential hazard. The conclusions have been made about the insufficient time for alerting the driver about the forthcoming change in traffic light signals.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 625.1.002:502.3 (476.2)

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, доктор физико-математических наук, А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, П. В. КОВТУН, кандидат технических наук, В. Е. МИРОШНИКОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ

Рассмотрена возможность строительства новой железнодорожной линии на заболоченной местности в условиях Белорусского Полесья. Определены методы и способы сооружения земляного полотна на слабом основании. Особенно отмечено влияние, которое может оказать строительство железной дороги на экосистему Полесья.

Указом Главы государства утверждена Государственная программа социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья. Цель Программы – обеспечение устойчивого социально-экономического развития региона на основе комплексного использования природных ресурсов, наращивание экспортного потенциала и привлечение инвестиций, сохранение условий воспроизводства природно-ресурсного потенциала, минимизация негативных последствий экстремальных природных явлений и создание благоприятных условий проживания населения.

Территория Припятского Полесья включает в себя три района Брестской области (Пинский, Столинский и Лунинецкий) и четыре района Гомельской области (Житковичский, Петриковский, Мозырский и Наровлянский). Общая площадь их составляет 1825,3 тыс. гектаров. Наибольшую площадь занимает Столинский район – 334,2 тыс. гектаров, наименьшую – Мозырский район – 160,3 тыс. гектаров. По особенностям климата, рельефа, состава и структуры земель, почвенного покрова, гидрографической сети, транспортной инфраструктуры, системы расселения и обеспеченности трудовыми ресурсами Припятское Полесье существенно отличается от остальной территории страны. Природно-ландшафтный комплекс данного региона является уникальным.

О необходимости строительства нового участка железной дороги, которая связала бы между собой населенные пункты Лельчицкого и Мозырского районов, конкретно заговорили в 2013 году. В регионе большие запасы полезных ископаемых, и надо подумать, как их доставлять с Полесья. Железная дорога поможет решить эту проблему, даст новый импульс экономической жизни крупного региона, во многом будет способствовать реализации целого комплекса мероприятий по известной Государственной программе «Припятское Полесье». Кроме того, она должна быть хорошо связана с автомобильным сообщением. Наиболее приемлемым вариантом признан маршрут Глушковичи – Лельчицы – станция Михалки Мозырского района (рисунок 1). Этот маршрут как самый оптимальный и экономичный для вывоза продукции щебеночного завода «Глушкевичи» до уже существующей сети железных дорог рекомендуют и специалисты «Минского Промтранспроекта» и «Белжелдорпроекта». Протяженность однопутной железной дороги составит порядка 120 километров. Помимо строительства самой дороги реализация проекта

потребуется возведения четырех станций и остановочных пунктов (Глушковичи, Милашевичи, Лельчицы, Михалки), большого моста протяженностью 390 метров через реку Уборть, 25 средних мостов — в основном через сеть мелиоративных осушительных каналов, двух путепроводов, шести железнодорожных развязок, двух развязок на пересечении с автодорогами и 16 переездов.



Рисунок 1 – Проект участка железнодорожной линии в Припятском Полесье

Железнодорожное сообщение в несколько раз сократит транспортные расходы предприятий Гомельского промышленного парка «Полесье – Лельчицы». По предварительным оценкам по проектируемой линии ежегодно будет перевозиться до 3,2 миллиона тонн бурого угля, 4 миллиона тонн камнепродукции, 0,5 миллиона тонн торфа, 1,2 миллиона тонн других народнохозяйственных грузов. Строительство и эксплуатация железнодорожной магистрали послужат толчком для создания новых эффективных производств на базе местного сырья: бурых углей, природного камня, гранитного щебня, калийных солей, глин, других ресурсов. Но Полесский участок железной дороги будет строиться и для людей. Это значит, что кроме помощи в освоении природно-сырьевой базы региона, она сделает комфортнее жизнь полешуков. Согласно разработанной схеме, железнодорожная ветка соединит целый ряд населенных пунктов. Проектируемый участок дороги проходит вблизи агрогородков и деревень Буйновичи, Симоничи, Глушковичи, Ударное, Милошевичи, Тонеж (всего более десятка населенных пунктов) Лельчицкого района и Махновичи, Рудня, Осовец, Слобода и других Мозырского района. А это перспективы развития пассажирских перевозок. Расширение сети транспортной инфраструктуры в свою очередь позволит поднять на

новый уровень и развитие туризма на Гомельщине. Ведь в регионе находятся национальный парк «Припятский», республиканский биологический заказник «Букчанский», республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» – уникальнейшие по красоте уголки Полесья!

При прохождении трассы железнодорожной линии насыпями через болотистую местность необходимо учитывать следующие параметры: категорию дороги; тип и глубина болота; уклон минерального дна болота и вида слагающих его грунтов; вид грунтов и материалов, используемых для сооружения насыпи; высоту насыпи; рельеф местности.

При сооружении земляного полотна различают три основных типа болот: I – заполненные торфом и другими болотными грунтами устойчивой консистенции, сжимающимися под нагрузкой от насыпи высотой до 3 м; II – заполненные торфом и другими болотными грунтами разной консистенции, в том числе выдавливающимися под нагрузкой от насыпи высотой 3 м; III – заполненные болотными грунтами в разжиженном состоянии, выдавливающимися под нагрузкой, с торфяной коркой (сплавной) или без нее.

Тип болота устанавливается по данным инженерно-геологических изысканий на основании: геологического разреза на глубину не менее 1 м ниже поверхности минерального дна; физико-механических характеристик торфа и других болотных грунтов.

При строительстве насыпей на болотах необходимо обеспечить: непревышение допустимых расчетных значений упругих осадок насыпей; ограничение по возможности сроков осадки грунтов основания насыпей строительным периодом.

Пересечение болот трассой линии следует предусмотреть в наиболее узких местах, преимущественно на участках с меньшей глубиной и минимальным поперечным уклоном минерального дна.

Процесс возведения насыпей на болотах включает в себя: подготовку основания под насыпь; отсыпка части, находящейся ниже уровня болота; отсыпку верхней части, находящейся выше поверхности болота.

В зависимости от типа болота, необходимой глубины отсыпки, состояния торфа и других местных условий для производства подготовительных работ необходимо использовать следующие машины и способы производства работ:

– гидромониторные насосные установки, с помощью которых подготавливается основание для возведения насыпей на болотах II типа с посадкой их на минеральное дно, устраиваются торфоприемники или разрушается сплавина на болотах III типа;

– взрывные методы, позволяющие выполнять рыхление растительно-корневого покрова и устраивать канавы-торфоприемники на болотах II типа или разрушать сплавину на болотах III типа.

При сооружении насыпей на болотах используются преимущественно дренирующие грунты для всей насыпи или ее нижней части. При отсутствии таких грунтов допускается применять для сооружения насыпей на болотах I и II типов мелкие недренирующие пески, пылеватые пески и песчаные супеси.

Использование тяжелых супесей и суглинков для отсыпки нижней части насыпи (в зоне выторфовыва-

ния) допускается в исключительных случаях на болотах I и II типов с обязательным усилением конструкции земляного полотна и при технико-экономическом обосновании, учитывающем повышенные расходы на содержание земляного полотна и верхнего строения пути в период временной эксплуатации. Для отсыпки верхней части насыпи (выше уровня болота на 0,5 м) допускаются все грунты, пригодные для возведения насыпей, при условии обеспечения необходимого возвышения бровки.

Возвышение бровки насыпи над поверхностью болота следует назначать не менее: для дренирующих грунтов – 0,8 м при полном удалении торфа в основании и 1,2 м – при частичном выторфовывании, для мелких и пылеватых песков и песчаных супесей – 2 м.

На болотах II типа (наиболее распространенных в районе предполагаемого строительства) необходимо производить полное выторфовывание экскаваторами-драглайнами «с головы» при движении экскаватора по свежотсыпанной насыпи. Траншея разрабатывается в зависимости от ее ширины торцевым или боковым забором за одну или несколько проходок.

На болотах II и III типов необходимо также производить удаление торфа из-под насыпи отжатием его отсыпаемым грунтом. В этом случае рядом с будущей насыпью устраиваются траншеи-торфоприемники для приема выдавливаемого из-под насыпи торфа или продольной прорези. Траншеи-торфоприемники шириной 2 м прорезают растительно-корневой покров. Эти траншеи устраиваются взрывным способом либо разработкой экскаваторами-драглайнами с передвижением по слямям. Продольные прорезы разрабатываются на глубину, равную толщине растительно-корневого покрова, но не менее 1 м. Выемка торфа из прорези обязательна. Водоотводные канавы, продольные прорезы и траншеи-торфоприемники отрываются драглайном сразу на полный профиль при перемещении экскаватора вдоль оси сооружения.

При наличии достаточного количества воды выторфовывание производится гидромеханизированным способом путем размыва и разжижения торфяного слоя перед отсыпанием насыпью до консистенции массы, которая свободно отжимается из-под насыпи. Отсыпку нижней (подводной) части насыпи необходимо производить дренирующим грунтом. При высоте насыпи более 3 м выторфовывание не выполняется. В зимнее время для преобразования корки льда и мерзлого торфа выполняется предварительное рыхление взрывным способом.

Также при строительстве железных дорог в особых условиях возможно использование гео-синтетических материалов, которые укладываются в тело насыпи и на откосы земляного полотна: для ликвидации просадок пути с выпиранием разжиженного глинистого грунта; предупреждения расстройств рельсовой колеи по уровню и в профиле; усиления пути; ликвидации пучин; устранения смещения грунта на откосах выемок и оползней откосов насыпей; устройства обратного фильтра в дренажах; защиты сооружений железнодорожного пути от размывов; предупреждения осадок берм на болотах и суффозионных явлений; предупреждения деформаций основной площадки земляного полотна; усиления устойчивости насыпи на слабом основании

(торф, ил, сапропели); в качестве покрытия основной площадки насыпи из крупноглыбовых материалов; для обеспечения водоотвода с основной площадки и откосов насыпей и выемок с целью предупреждения пучин и деформаций земляного полотна.

Способ сооружения дороги на болоте, при котором частично выторфовывают слабый грунт с последующей отсыпкой насыпи из привозного грунта, отличающийся тем, что перед отсыпкой насыпи поверх выторфованного слабого грунта производят укладку прослойки из геосинтетического материала посредством раскатки ее из рулона на длину, не превышающую ширину прослойки из геосинтетического материала, а привозной грунт при отсыпке насыпи постепенно перемещают на прослойку из геосинтетического материала по всей ширине раскатанного рулона с последующим его разравниванием и уплотнением.

Можно использовать способ устройства дорожной конструкции с использованием геотекстильных материалов, при котором рулоны раскатывают в продольном направлении по подготовленному основанию. Уложенную прослойку засыпают слоями песка или другого материала, толщина которых определяется уплотняющим механизмом. Засыпку прослойки ведут по схеме «от себя» с помощью бульдозера или автогрейдера. Непосредственный проезд колесных или гусеничных машин по прослойке не разрешается.

Недостатком такого способа является большая длина раскатки материала, что не способствует предварительному натяжению материала перед отсыпкой поверх него грунта. Этот факт не дает возможности закрепить геотекстильный материал по бокам при укладке его на слабых грунтах. Отрицательным также является то, что в процессе строительства грунт отсыпают непосредственно на прослойку.

Использование в сооружаемой дорожной конструкции прослойки из геосинтетического материала обеспечит разделение различных видов грунтов, даст возможность предварительного натяжения материала за счет его раскатки на ширину рулона, кроме того, позволит получить равномерно распределенную нагрузку отсыпанного грунта насыпи на слабое основание.

Как видно из вышесказанного материала, строительство железнодорожной линии сопряжено и с рядом проблемных моментов, возникающих при возведении такого масштабного объекта. И, в первую очередь, это отвод земель и охрана окружающей среды. Естественно, проектом будет предусмотрен отвод земель для размещения всех элементов, устройств и сооружений железнодорожной линии и отдельных пунктов. Все

отводимые под строительство земли расположены в Мозырском и Лельчицком районах.

С учетом того, что трасса проходит через крупнейший в Европе лесоболотный комплекс и пойменные экосистемы реки Припять, важно не нарушить существующий природно-климатический баланс в регионе. А сделать это будет достаточно сложно. Во-первых, при прокладке трассы потребуется вырубить порядка 240 га лесных угодий (хвойных, лиственных, смешанных). Причем в эти объемы не включены площади, занимаемые производственными базами и жилыми поселками. Во-вторых, протяженность трассы, расположенной в благоприятном по геологическим показателям для строительства районе, составляет 62,36 км (55 %), в ограниченно-благоприятном – 28,19 км (25 %), участки, где предусмотрена выторфовка, – 19 км (20 %), т.е. выторфовке будет подвержен значительный по протяжению и площади участок местности. А ведь даже в странах Западной Европы Припятское полесье называют «легкими Европы».

Поэтому спрогнозировать, каким образом строительство железной дороги отразится на состоянии окружающей среды не только Беларуси, но и всего европейского континента, очень сложно. И очень важно, чтобы при получении экономических выгод от строительства и эксплуатации этой железной дороги в стране не остались проблемы экологии этого прекрасного и неповторимого природного региона.

Список литературы

- 1 Организация строительства и реконструкция железных дорог / под ред. проф. И. В. Прокудина. – М. : ГОУ «Уч.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп.», 2008. – 736 с.
- 2 Спиридонов, Э. С. Управление железнодорожным строительством. Методы, принципы, эффективность : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Э. С. Спиридонов, Т. В. Шепитько. – М. : ГОУ «Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп.», 2008. – 556 с.
- 3 Максимов, А. В. Решение задач организации и технологии строительства и реконструкции транспортных объектов / А. В. Максимов, Э. С. Спиридонов. – М. : Маршрут, 2005. – 297 с.
- 4 Организация и планирование железнодорожного строительства : учеб. для студентов ж.-д. вузов / под ред. проф. Г. Н. Жинкина и проф. И. В. Прокудина. – М. : Желдориздат, 2000. – 700 с.

Получено 17.05.2018

Yu. I. Kulazhenko, A. A. Erofeev, P. V. Kovtun, V. E. Miroshnikov. The prospects for transport in the Belarusian Polesie.

The possibility of construction of a new railway line on wetlands in the conditions of Belarusian Polesye has been considered. Established Methods and technique of the construction of the subgrade on a weak base have been established. The impact of railway construction on the ecosystem of the region has been especially marked.

УДК 656.228.073.235(476)

И. А. ЕЛОВОЙ, доктор экономических наук, профессор, Е. В. МАЛИНОВСКИЙ, старший преподаватель, С. А. ПЕТРАЧКОВ, инженер, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В настоящее время Республика Беларусь существенно отстает по уровню контейнеризации грузовых перевозок в целом и перевозок грузов в контейнерах железнодорожным транспортом в частности от стран с развитой экономикой. Потенциал Белорусской железной дороги как оптимального сухопутного транзитного моста между Востоком и Западом, Севером и Югом в части контейнерных перевозок до настоящего времени полностью не реализован.

Темпы роста мирового рынка контейнерных перевозок в ближайшие 10 лет по прогнозам составят около 6 % в год, что связано, в том числе, с основными преимуществами таких перевозок: возможностью обеспечения комплексности услуг при доставке груза «от двери до двери»; универсальностью использования контейнеров; высокой степенью сохранности груза; отсутствием необходимости перегрузки груза, в том числе при интер- и мультимодальных перевозках. В то же время Республика Беларусь по уровню контейнеризации существенно отстает от развитых стран, что создает предпосылки к периферийному ее положению в мировой системе контейнерных грузоперевозок. Если участники белорусского рынка железнодорожных контейнерных перевозок не предложат клиентам конкурентоспособные транспортные продукты и уровень сервиса, то улучшить это положение будет затруднительно.

Анализ его результатов показывает, что 58 % из них используют контейнерные перевозки, а для 42 % опрошенных организаций контейнерные перевозки ввиду специфики выпускаемой продукции не востребованы и не применяются.

Анализ ситуации на белорусском рынке контейнерных перевозок показывает, что перевозка грузов в контейнерах на Белорусской железной дороге занимает менее 2 % от общего объема перевозок грузов во всех видах сообщений. При этом существует значительный дисбаланс уровня контейнеризации при транзитных, экспортно-импортных и внутриреспубликанских перевозках. Наиболее существенна доля транзитных перевозок – 67 %, что обусловлено выгодным географическим положением нашей республики, экспортных и импортных – по 15 %, внутриреспубликанских – 3 % в связи, прежде всего, с преимуществами использования автотранспорта на незначительных расстояниях.

Основные транзитные контейнеропотоки (рисунок 1, а) на территории Беларуси проходят по международным транспортным коридорам: II в направлении Восток – Запад (более 80 %) и IX в направлении Север – Юг (около 15 %). Направления следования экспортных контейнеропотоков (рисунок 1, б) отражают динамику внешней торговли хозяйствующих субъектов Республики Беларусь. Основные экспортно-импортные контейнеропотоки ориентированы на Россию и в порты Балтийского и Черного морей. Динамика перевозки контейнеров во внутриреспубликанских сообщениях (рисунок 1, в) отражает производственно-торговые связи крупных республиканских организаций, работающих с контейнеропригодными грузами.

С целью установления степени удовлетворения потребностей национальной экономики Республики Беларусь в контейнерных перевозках выполнен анкетирован-

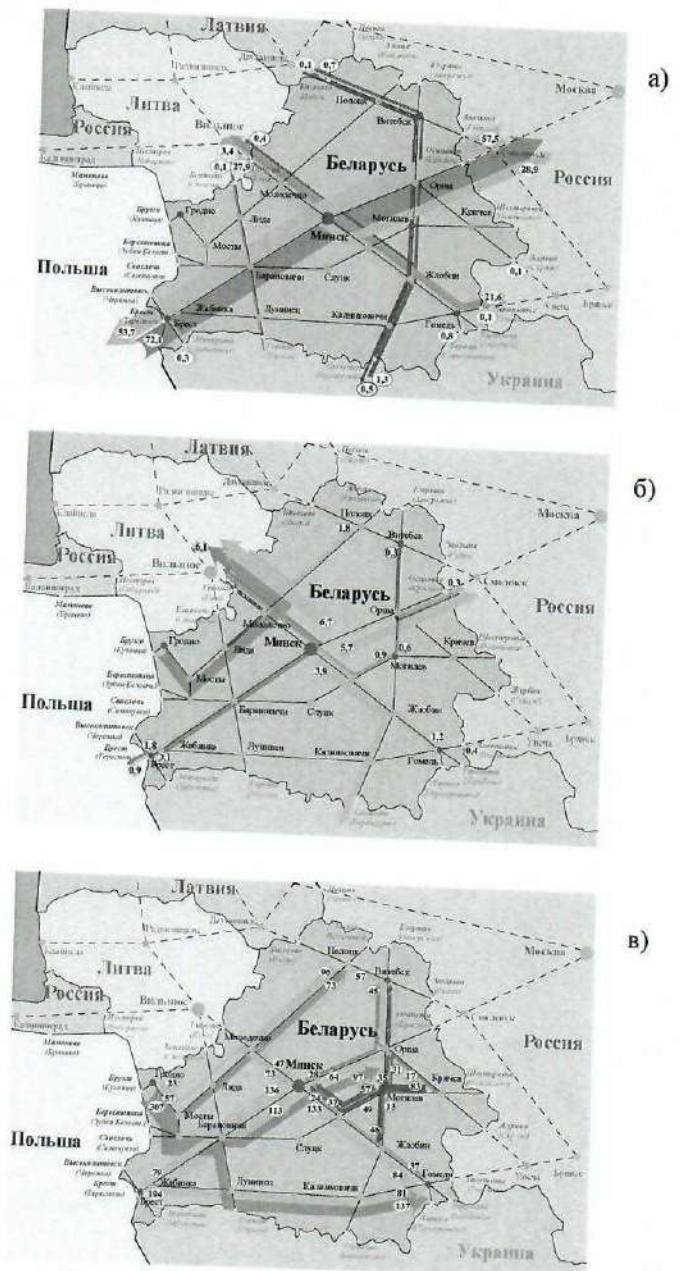


Рисунок 1 – Схема основных контейнеропотоков: а – транзитных; б – экспортных; в – внутриреспубликанских

В настоящее время уровень контейнеризации в Республике Беларусь составляет около 3–4 %. В том числе это связано с тем, что не все организации из числа опрошенных имеют собственные технические возможности для работы с контейнерами. Так, выполнять погрузочно-разгрузочные операции с контейнерами на железнодорожных путях необщего пользования имеют возможность около 17 % организаций при работе с 20-футовыми контейнерами и менее 11 % – с 40-футовыми.

В результате исследований установлено, что для развития железнодорожных контейнерных перевозок есть ряд предпосылок.

1 Существующая сеть контейнерных терминалов на Белорусской железной дороге (на 16 станциях имеются контейнерные терминалы для переработки 20-футовых контейнеров, из которых 9 имеют техническое оснащение для переработки 40-футовых контейнеров) позволяет удовлетворять потребности белорусских организаций в контейнерных перевозках (рисунок 2).

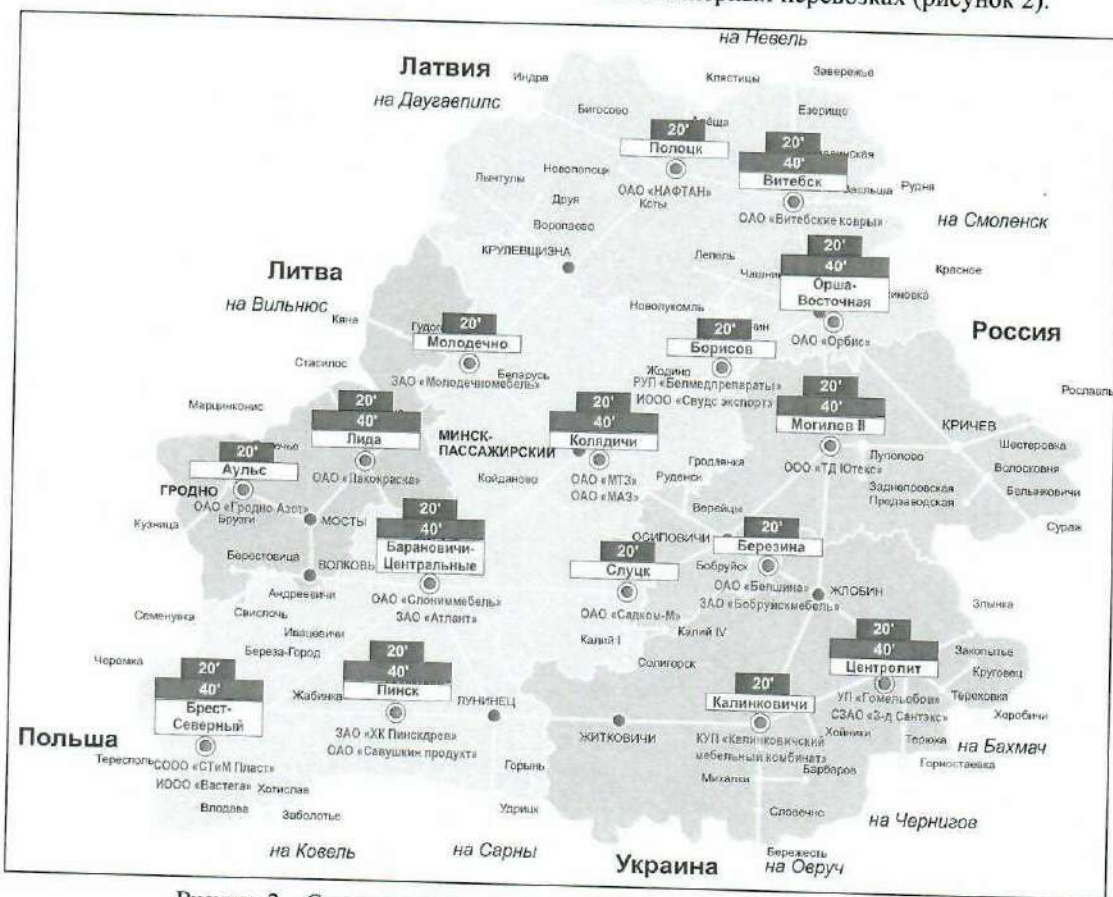


Рисунок 2 – Схема расположения станций Белорусской железной дороги, открытых для работы с крупнотоннажными контейнерами

2 Белорусская железная дорога и Государственное предприятие «БТЛЦ» располагают значительным количеством крупнотоннажных контейнеров, что позволяет не только полностью обеспечивать потребности белорусских организаций в контейнерах, но и дает возможность предоставлять контейнеры в пользование другим хозяйствующим субъектам для осуществления экспортно-импортных и транзитных перевозок грузов по территории Беларуси.

3 На Белорусской железной дороге организованы перевозки грузов в контейнерах ускоренными специализированными контейнерными поездами. Эти поезда имеют стабильное расписание курсирования, усовершенствованное сервисное обслуживание всеми участниками перевозки и обеспечивают перевозку основной доли транзитного контейнеропотока по территории республики.

Основными недостатками организации и осуществления контейнерных перевозок на Белорусской железной дороге по результатам анкетированного опроса организаций являются недостаточное качество сервиса и отсутствие комплексности предоставления услуг, отно-

сительно низкая маршрутная скорость (сроками доставки грузов в контейнерах неудовлетворены около 39 % опрошенных клиентов), сравнительно высокие тарифы на перевозки контейнеров (тарифами на перевозку контейнеров неудовлетворены около 37 % опрошенных клиентов).

Основным направлением развития железнодорожного контейнерного бизнеса в Республике Беларусь должно стать создание оператора контейнерных перевозок Белорусской железной дороги, который будет заниматься комплексной продажей услуг при доставке грузов в контейнерах. Главными принципами функционирования оператора контейнерных перевозок будут являться возможность принятия оптимальных логистических решений с обеспечением баланса интересов грузовладельцев и перевозчиков, централизация, комплексность, доступность, оперативность, высокое качество обслуживания с учетом индивидуального подхода к клиентам, гарантия выполнения обязательств. Основные направления деятельности оператора контейнерных перевозок приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Основные направления деятельности оператора контейнерных перевозок

Оператор контейнерных перевозок, реализуя продажу услуг Белорусской железной дороги как перевозчика грузов в контейнерах, должен обеспечивать и сопутствующие дополнительные услуги, относящиеся к транспортно-экспедиционным, при доставке контейнеров, предоставлять клиенту необходимый ему комплекс услуг. Оказание таких услуг может осуществляться оператором контейнерных перевозок как собственными силами и/или во взаимодействии со структурными подразделениями и организациями Белорусской железной дороги, так и на условиях аутсорсинга (с привлечением сторонних соисполнителей) при невозможности или нецелесообразности выполнения каких-либо услуг собственными силами.

Создание оператора контейнерных перевозок Белорусской железной дороги целесообразно проводить в два этапа: на I этапе принадлежность инвентарного парка контейнеров, специализированных платформ Белорусской железной дороги и ГП «БТЛЦ» целесообразно сохранить; на II этапе с развитием оператора контейнерных перевозок и в зависимости от складывающейся ситуации на рынке контейнерных перевозок возможна передача ему инвентарного парка контейнеров, специализированных платформ Белорусской железной дороги и ГП «БТЛЦ».

Необходимо отметить, что развитие контейнерных перевозок сопряжено с рисками общеэкономического и геополитического характера. Существенное влияние на них оказывают как макроэкономические факторы (динамика глобальной торговли и индустрии, глобализация деятельности транснациональных корпораций и розничных сетей, экспансия международных логистических компаний), так и внутренние факторы общеэкономиче-

ского характера. Геополитические риски обусловлены главным образом торговыми взаимоотношениями между ЕС и Российской Федерацией, ЕС и Китаем, а также темпами роста экономик стран ЕС, ЕАЭС, Китая и России.

Минимизировать последствия от указанных рисков целесообразно за счет усиления международной координации и укрепления сотрудничества в рамках интеграционных (межгосударственных) проектов и образований, расширения географии и увеличения количества товаропроводящих сетей национальных экспортеров, улучшения логистического сервиса, развития контейнерной инфраструктуры и информационно-коммуникационных технологий в сфере контейнерных перевозок.

Список литературы

- 1 Еловой, И. А. Управление потоками в логистических системах мировой экономики / И. А. Еловой, В. И. Похабов, М. М. Колос; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2006. – 266 с.
- 2 Кириллова, А. Г. Мультимодальные контейнерные и контейнерные перевозки / А. Г. Кириллова. – М. : ВИНТИ РАН, 2011. – 260 с.
- 3 Исследование организации перевозок контейнеров и разработка проекта Концепции развития контейнерных перевозок в Республике Беларусь на период 2016–2020 годы : отчет о НИР / Белорус. гос. ун-т трансп.; рук. И. А. Еловой; исполн.: В. В. Ясинский [и др.]. – Гомель, 2016. – 146 с.
- 4 Еловой, И. А. Современные тенденции рынка железнодорожных грузовых перевозок / И. А. Еловой, В. В. Ясинский, М. М. Колос. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 210 с.
- 5 Резер, С. М. Управление транспортом за рубежом / С. М. Резер. – М. : Наука, 1994. – 330 с.

Получено 12.04.2018

I. A. Yelovoy, Ya. V. Malinouski, S. A. Petrachkou. Development of the railway container traffic in the Republic of Belarus. The Republic of Belarus is far behind the level of containerization of freight traffic in general, and the transport of goods in containers by railway in particular, from the advanced countries. The potential of the Belarusian Railways as optimal land transit bridge between East and West, North and South, in terms of container traffic has not yet been fully implemented.

УДК 656.212.5

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, В. Г. КОЗЛОВ, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Основой организации вагонопотоков на железнодорожном транспорте является план формирования поездов. Оптимальный план формирования обеспечивает рациональное использование ресурсов, связанных с организацией поездов различных категорий и их пропуском по железнодорожным участкам. Вероятность нахождения оптимальной системы организации вагонопотоков зависит от качества информационного обеспечения – достоверности и актуальности исходных данных. Для этих целей в автоматизированной системе организации вагонопотоков (АС ОВ) создан блок информационного обеспечения задач плана формирования, который является основой для функционирования остальных блоков из функционально-структурной композиции АС ОВ.

Информационное обеспечение задач плана формирования Белорусской железной дороги осуществляется в рамках отдельного информационного блока комплекса автоматизированной системы организации вагонопотоков (АС ОВ) [1, 2]. Блок информационного обеспечения (БИО) задач плана формирования (ПФ) является основанием для функционирования остальных подсистем из функционально-структурной композиции АС ОВ [3]. БИО представляет собой набор массивов условно-постоянных и условно-переменных данных, необходимых для решения задач организации вагонопотоков.

Организация системы информационного обеспечения ПФ грузовых поездов на Белорусской железной дороге формируется путем информационного взаимодействия по временным циклам с оперативными моделями «Информационно-аналитической системы поддержки управленческих решений по грузовым перевозкам» (ИАС ПУР ГП) и ее подсистемы нормативно-справочной информации (ПЭ НСИ), обработки данных согласно требованиям соответствующей задачи плана формирования, а также путем интерактивного ввода недостающих данных.

Исходные данные БИО задач системы организации вагонопотоков по структуре данных делятся на две основные подгруппы: массив расчетных вагонопотоков и массив объектов инфраструктуры транспортной сети. Формирование массивов расчетных вагонопотоков осуществляется в подсистеме АС «Динамическая карта», для реализации которой разработана модель транспортной сети с учетом требований системы организации вагонопотоков:

- адекватность топологии объектов железнодорожной инфраструктуры и исключения внутренних противоречий;

- соответствие общим принятым приемам и правилам описания транспортной сети;

- идентификации на транспортной сети объектов системы организации вагонопотоков: железнодорожной станции, участка и маршрута следования поезда, установленного назначения;

- определения размеров транспортной нагрузки по объектам транспортной сети с учетом установленных параметров;

- моделирование и агрегирование транспортной нагрузки по объектам транспортной сети;

- соответствие правилам формализации железнодорожных транспортных сетей в системе организации вагонопотоков.

Объектная транспортная сеть плана формирования грузовых поездов в виде железнодорожных станций является базисом для формирования расчетных сетей (расчетных полигонов) при решении задач системы организации вагонопотоков. Она может быть создана двумя способами: автоматически (средствами АС ОВ) и непосредственным вводом станций, идентифицирующих расчетную сеть. Интерактивный ввод может также использоваться при корректировке существующей расчетной сети путем добавления (удаления) станций в (из) расчетную (-ой) сеть. В сети формируются районы тяготения к выделенным станциям (для полигона Белорусской железной дороги) [4].

Железнодорожная сеть для расчета плана формирования представляется множеством станций:

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}, \quad (1)$$

где S_k – множество индексов (кодов станций согласно Единой сетевой разметки) станций; k – количество станций в рассматриваемой железнодорожной сети.

Для описания топологии сети коммуникационные связи между станциями на множестве $\{S_i\}$ задаются матрицей C :

$$C = \{c_{ij} : i, j = \overline{1, k}\}, \quad (2)$$

где $c_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– если станции } i \text{ и } j \text{ связаны между собой} \\ & \text{железнодорожным перегонном;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$

Для описания сети используются понятия: конечный (граничный), транзитный (промежуточный) и транспортный узел. Путь, соединяющий станции i и j , задается множеством

$$r_{pq} = \{s_1, \dots, s_i, \dots, s_n\}, s_1 = p; s_n = q; s_i \in S. \quad (3)$$

При этом учитывается, что путь, соединяющий станции p и q , может быть не единственным. Для задач плана формирования расчетный путь, соединяющий станции p и q определяется с учетом минимизации расстояния между станциями:

$$r_{pq}^{\text{пф}} = \min\{r_{pq}^1, \dots, r_{pq}^i, \dots, r_{pq}^n\}. \quad (4)$$

Все элементы расчетного пути идентифицируются набором параметров, необходимым для расчета ПФ.

На основании вышеуказанной математической формализации железнодорожной транспортной сети формируются расчетные вагонопотоки (рисунок 1). Исходными данными для формирования являются план перевозок, заявки перевозчиков на перемещение грузов и операторов подвижного состава на перемещение порожних вагонов, а также данные анализа о выполненных вагонопотоках.

Исходной базой для получения выполненных вагонопотоков служат массивы данных ИАС ПУР ГП,

АС «Месплан», ПС «Динамическая карта». Информация о выполненных вагонопотоках поступает в АС ОВ ежесуточно за отчетные сутки [5].

Для решения задач плана формирования используются только вагоны рабочего парка с различным уровнем детализации: по состоянию – груженные и порожние, по типу – в соответствии с классификатором ИАС ПУР ГП, по принадлежности к железнодорожной администрации, по собственнику вагонов, роду груза по единой тарифно-статистической номенклатуре грузов.

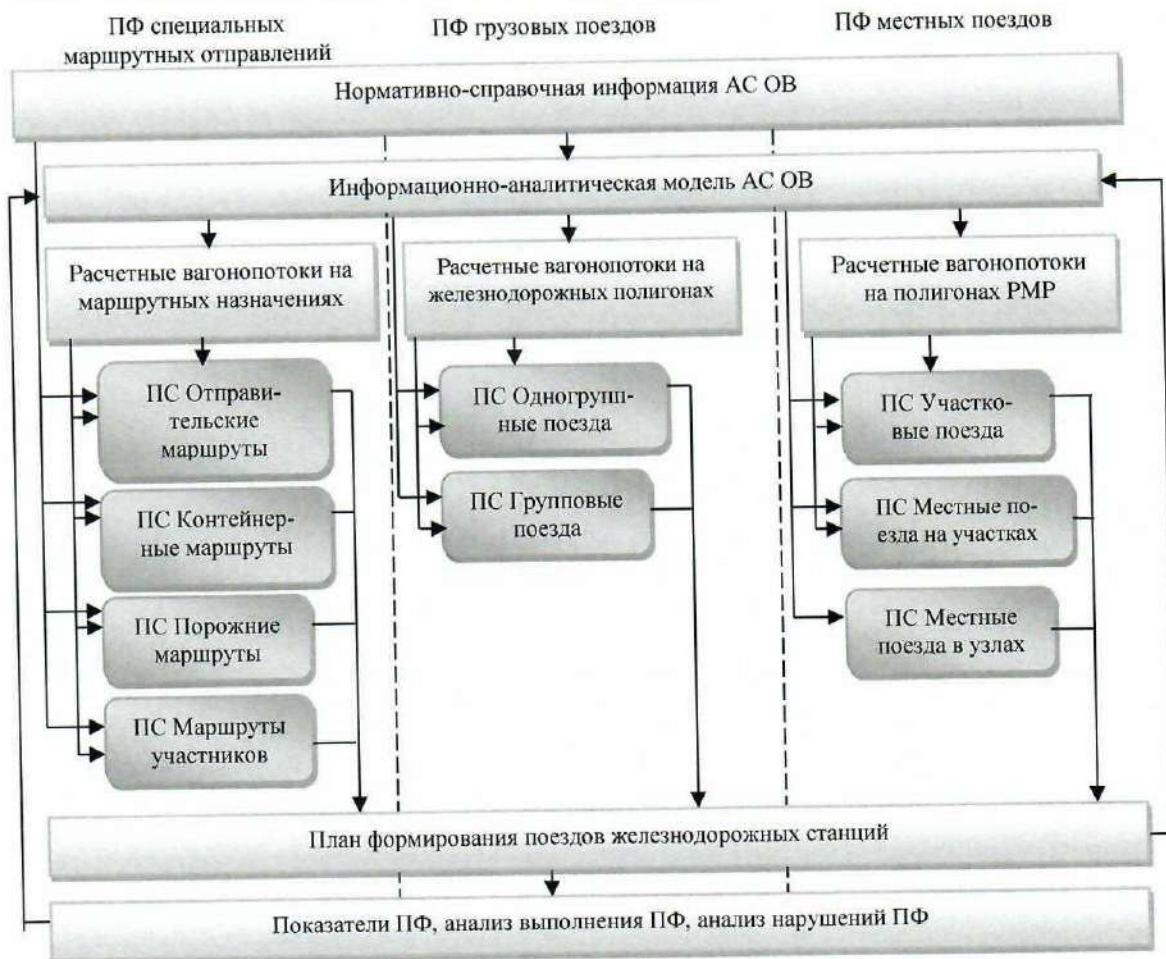


Рисунок 1 – Схема формирования расчетных вагонопотоков в подсистемах АС ОВ

Массив заявок на перемещение грузов, характеризуется следующим набором показателей, необходимых для расчета ПФ:

$$\{g_{pq}\} = \{p, q, S_{kp}, \{S_{c.p.i}\}, S_{kq}, r_{п.с.}, \{m_{ср}; Q_{ср}\}, k_o, T_{g.pq}\}, \quad (5)$$

где p – станция погрузки; q – станция назначения груза; S_{kp} – техническая станция тяготения станции погрузки; $S_{c.p.i}$ – станция перехода между железнодорожными администрациями (железными дорогами); S_{kq} – техническая станция тяготения станции назначения груза; $r_{п.с.}$ – род подвижного состав, необходимый для обеспечения заявки; $m_{ср}$ – среднесуточное количество вагонов, необходимое для обеспечения заявки; $Q_{ср}$ – среднесуточная масса груза в соответствии с заявкой, отправленная со станции; k_o – вид отправки груза; $T_{g.pq}$ – срок доставки груза.

Массив заявок на перемещение порожних вагонов характеризуется следующим набором показателей, необходимых для расчета ПФ:

$$\{v_{pq}^{пор}\} = \{p, q, S_{kp}^{пор}, \{S_{c.ni}\}, S_{kq}^{пор}, r_{п.с.}^{пор}, \{m_{ср}^{пор}; Q_{ср}^{пор}\}, k_o^{пор}, T_{g.pq}^{пор}\}, \quad (6)$$

где p – станция отправления порожних вагонов: выгрузка груза, дислокации, отстоя; q – станция назначения порожних вагонов: погрузки, приписки, отстоя и др.; $S_{kp}^{пор}$, $S_{kq}^{пор}$ – техническая станция тяготения станции отправления и назначения порожних вагонов; $r_{п.с.}^{пор}$ – род порожнего подвижного состав, необходимый для обеспечения заявки; $m_{ср}^{пор}$, $Q_{ср}^{пор}$ – соответственно среднесуточное число вагонов и масса вагонов, отправляемых со станции; $k_o^{пор}$ – вид отправки порожних вагонов; $T_{g.pq}^{пор}$ – срок перемещения порожних вагонов.

На основании полученной информации о плановых и выполненных вагонопотоках в подсистеме АС «Динамическая карта» формируются методом моделирования таблицы расчетных вагонопотоков на участках инфраструктуры дороги по установленным пользователем

классификационным признакам с возможностью выбора детализации и маршрута следования в железнодорожной сети.

Вагонопотоки объединяются в массивы совмещенных и развернутых таблиц вагонопотоков и систематизируются по расчетным полигонам, направлениям следования (как правило, четное, нечетное), по состоянию вагонов, роду груза, типу подвижного состава и иным характеристикам, необходимым для дифференциации вагонопотока при расчете ПФ. В общем виде вагонопоток представляется упорядоченной совокупностью корреспонденций мощности n_{pq} между выделенными станциями $(p, q \in \overline{1, k})$ расчетного полигона, включающего k станций:

$$\cup n_{pq} = \left\{ \begin{array}{ccccccc} n_{1,k} & n_{2,k} & \dots & n_{p,k} & \dots & n_{k-2,k-1} & n_{k-1,k} \\ n_{1,k-1} & n_{2,k-1} & \dots & n_{p,k-1} & \dots & n_{k-2,k-1} & \\ & n_{1,3} & n_{2,3} & & & & \\ & n_{1,2} & & & & & \end{array} \right\}. \quad (7)$$

Указанные вагонопотоки обладают свойством аддитивности, и любое объединение корреспонденций вагонопотоков в различные назначения соответствует общему вагонопотоку на участках между выделенными станциями полигона [6].

Наличие подсистемы «Динамическая карта» позволяет в системе организации вагонопотоков перейти к корректировке исходных вагонопотоков с временным лагом в сутки и использовать фактические данные о вагонопотоках в оперативных корректировках ПФ.

Исходные и расчетные параметры объектов инфраструктуры, необходимые для решения задач АС ОВ интегрируются в подсистеме «Ведомость ПФ» с различных информационных систем железной дороги. Целями интеграции данных и создания АС «Ведомость ПФ» являются:

- создание базы данных нормативно-справочной информации (НСИ) по станциям, участвующим в плане формирования, с исходными параметрами транспортной сети и переменной информации, характеризующей расчетные транспортные потоки, для решения задач их организации прочих прикладных задач организации перевозок и транспортного обслуживания;

- подготовка исходных данных для автоматизированного решения задачи выбора оптимального варианта плана формирования грузовых поездов на железной дороге;

- определение ограничений на размеры транспортных потоков (грузов, вагонов и поездов) по станциям Белорусской железной дороги и их дифференциации по назначениям; устанавливаются в зависимости от технического развития объекта и его элементов (допустимые размеры переработки и число назначений по станциям, допустимые размеры движения по участкам, допустимые размеры отправления и прибытия отправительских маршрутов и т. п.);

- определение ограничений на допустимое время нахождения вагонов на станции; устанавливается в зависимости от нормативов времени доставки грузов, размеров транспортных потоков и их дифференциацией по назначениям;

- анализ выполнения показателей ПФ для принятия решений, направленных на оптимизацию системы организации вагонопотоков с учетом технического оснащения станций и эксплуатационной нагрузки;

- приведение технического и технологического оснащения станций дороги к размерам эксплуатационной нагрузки на них.

Объектами, которые подлежат учету в АС «Ведомость ПФ», являются станции, участвующие в плане формирования грузовых поездов, и примыкающие к ним железнодорожные перегоны.

АС «Ведомость ПФ» для станций, участвующих в плане формирования, состоит из четырех разделов:

- 1) технические средства станции (по состоянию на момент ввода нового плана);
- 2) основные показатели плана формирования и эксплуатационной работы станции;
- 3) характеристика поездопотока, перерабатываемого на станции;
- 4) расчетные нормативы плана формирования.

АС «Ведомость ПФ» и АС «Динамическая карта» являются основой информационного обеспечения задач плана формирования и входят комплекс систем, предназначенных для создания единой автоматизированной системы организации вагонопотоков на полигоне Белорусской железной дороги.

Список литературы

- 1 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге : утв. приказом № 1294 НЗ от 30.12.2013. – Минск : Бел. ж. д., 2013. – 320 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 Буянова, В. К. Система организации вагонопотоков / В. К. Буянова, А. И. Сметанин, Е. В. Архангельский. – М. : Транспорт, 1988. – 223 с.
- 4 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.
- 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.
- 6 Козлов, В. Г. Использование общего условия оценки выделения назначений при расчетах плана формирования методом совмещенных аналитических сопоставлений / В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1. – С. 58–60.

Получено 19.12.2016

V. G. Kuznetsov, V. G. Kozlov. Information support of the plan tasks of railway formation.

The basis of the organization of traffic volumes in rail transport is a train formation plan. The best plan of formation provides a rational use of resources related to the organization of the various categories of trains and their pass on railway stations. The probability of finding the optimal organization of traffic volumes of the system depends on the quality of information provision – the reliability and relevance of the source data. For this purpose, automated bath system of the organization of traffic volumes has been created a block of information support of the task of forming a plan that is the basis for the operation of the remaining blocks of the functional and structural composition of AS OC.

УДК 006.015.8:629.4.028.1

А. А. КЕБИКОВ, кандидат технических наук, В. С. ЗАЙЧИК, кандидат технических наук, М. А. РОГОВЕНКО, научный сотрудник отдела сертификации, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ПРОМЕЖУТОЧНОМУ РЕЛЬСОВОМУ СКРЕПЛЕНИЮ СБ-3

Указаны требования безопасности к железнодорожному пути и промежуточному рельсовому креплению СБ-3. Определен состав железнодорожного пути применительно к процедуре обязательного подтверждения соответствия железнодорожной продукции в Евразийском экономическом союзе. Установлены сертификационные показатели для промежуточного рельсового крепления СБ-3.

Общие сведения. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» [1] распространяется на инфраструктуру железнодорожного транспорта Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС), которая включает в себя следующие подсистемы:

- железнодорожный путь;
- железнодорожное электроснабжение;
- железнодорожную автоматику и телемеханику;
- железнодорожную электросвязь;
- станционные здания, сооружения и устройства.

Требования [1] обязательны при проектировании, изысканиях, производстве, строительстве, монтаже, наладке, приемке и вводе в эксплуатацию, оценке соответствия объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта и продукция должны обеспечивать:

- безопасное движение поездов с наибольшими скоростями в пределах допустимых значений;
- соблюдение габарита приближения строений;
- безопасную эксплуатацию с учетом внешних климатических и механических воздействий;
- техническую совместимость с железнодорожным подвижным составом.

Требования безопасности к железнодорожному пути. Железнодорожный путь включает в себя: верхнее строение пути; земляное полотно; водоотводные, водопропускные, противодеформационные, защитные и укрепительные сооружения земляного полотна, расположенные в полосе отвода; искусственные сооружения;

Составные части подсистемы «железнодорожный путь» и ее элементов, а также формы их обязательного подтверждения соответствия представлены в таблице 1.

К железнодорожному пути, его составным частям и элементам составных частей в [1] установлены следующие требования:

- верхнее строение пути и земляное полотно должны обеспечивать стабильность положения железнодорожного пути в плане и продольном профиле;

- геометрические параметры кривых должны обеспечивать устойчивость железнодорожного подвижного состава, препятствующую сходу его колес с рельсов и опрокидыванию;

- уровень бровки земляного полотна на подходах к водопропускным сооружениям через водотоки, а также верха укрепляемых откосов должен возвышаться на заданную величину над наивысшим расчетным уровнем воды исходя из заданной вероятности превышения;

- конструкция бесстыкового пути должна исключать выбросы рельсошпальной решетки при одновременном воздействии поездных и температурных нагрузок;

- искусственные сооружения должны иметь устройства, предназначенные для безопасного обслуживания самих сооружений и путей;

- стрелочные переводы должны иметь устройства для предотвращения несанкционированного перевода острижков и подвижных частей крестовин во время движения железнодорожного подвижного состава;

- конструкция бесстыкового пути должна исключать выбросы рельсошпальной решетки при одновременном воздействии поездных и температурных нагрузок;

- искусственные сооружения должны иметь устройства, предназначенные для безопасного обслуживания самих сооружений и путей;

- стрелочные переводы должны иметь устройства для предотвращения несанкционированного перевода острижков и подвижных частей крестовин во время движения железнодорожного подвижного состава;

- геометрические размеры поперечного сечения и конструктивные решения тоннелей должны устанавливаться с учетом минимизации величины избыточного аэродинамического давления, возникающего при входе в тоннель и движении в нём железнодорожного подвижного состава;

- при проектировании объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта должны быть проведены специальные исследования для принятия решений по снижению колебаний аэродинамического давления в тоннелях, закрытых выемках и подземных станциях при проходе железнодорожного подвижного состава с максимальными скоростями;

- содержание вредных веществ в тоннеле не должно превышать их предельно допустимой концентрации в атмосфере;

- все железнодорожные переезды со стороны автодороги должны быть оборудованы предупредительными, а также сигнальными и заградительными устройствами;

- участки возможного заноса железнодорожных путей снегом должны быть оборудованы снегозадерживающими устройствами.

Маркировка составных частей и элементов составных частей железнодорожного пути должна содержать: единый знак обращения продукции на рынке государств – членов ЕАЭС, наименование изготовителя или его товарный знак, наименование продукции, дату изготовления.

Таблица 1 – Структура железнодорожного пути

№	Наименование составной части (элемента составной части) железнодорожного пути	Форма обязательного подтверждения соответствия продукции
1	<i>Верхнее строение пути</i>	
1.1	Болты для рельсовых стыков	–
1.2	Болты закладные для рельсовых скреплений железнодорожного пути	Декларирование
1.3	Болты клеммные для рельсовых скреплений железнодорожного пути	Декларирование
1.4	Брусья деревянные для стрелочных переводов широкой колеи до их механической и защитной обработки	Сертификация
1.5	Брусья деревянные для стрелочных переводов широкой колеи, пропитанные защитными средствами	Декларирование
1.6	Брусья железобетонные для стрелочных переводов для железных дорог колеи 1520 мм	Сертификация
1.7	Гайки для болтов рельсовых стыков	Декларирование
1.8	Гайки для клеммных и закладных болтов рельсовых скреплений железнодорожного пути	Декларирование
1.9	Клеммы пружинные прутковые для крепления рельсов	Сертификация
1.10	Клеммы пружинные ЖБР-65 нераздельного скрепления	Сертификация
1.11	Клеммы раздельного и нераздельного рельсового скрепления	Сертификация
1.12	Костыли путевые	Декларирование
1.13	Крестовины стрелочных переводов	Сертификация
1.14	Накладки для изолирующих стыков железнодорожных рельсов	Сертификация
1.15	Накладки рельсовые двухголовые для железных дорог широкой колеи	Сертификация
1.16	Остряки стрелочных переводов различных типов и марок	Сертификация
1.17	Подкладки раздельного скрепления железнодорожного пути	Сертификация
1.18	Подкладки костыльного скрепления железнодорожного пути	Декларирование
1.19	Противоугоны пружинные к железнодорожным рельсам	Декларирование
1.20	Прокладки рельсового скрепления	Декларирование
1.21	Рельсы железнодорожные широкой колеи	Сертификация
1.22	Рельсы железнодорожные остряковые	Сертификация
1.23	Рельсы железнодорожные контррельсовые	Сертификация
1.24	Рельсовое скрепление	Сертификация
1.25	Стрелочные переводы, ремонтные комплекты (полустрелки), глухие пересечения железнодорожных путей	Сертификация
1.26	Стыки изолирующие железнодорожных рельсов	Декларирование
1.27	Упругие пружинные элементы путевые (двухвитковые шайбы, тарельчатые пружины, клеммы)	Сертификация
1.28	Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи до их механической и защитной обработки	Декларирование
1.29	Шпалы деревянные для железных дорог широкой колеи, пропитанные защитными средствами	Декларирование
1.30	Шпалы железобетонные для железных дорог колеи 1520 мм	Сертификация
1.31	Шурупы путевые	Декларирование
1.32	Щебень для балластного слоя железных дорог из природного камня	Декларирование
1.33	Элементы скреплений железнодорожных стрелочных переводов, гарнитуры, внешние замыкатели	Сертификация
2	<i>Водоотводные, противодеформационные, защитные и укрепительные сооружения</i>	–
3	<i>Железнодорожный переезд</i>	–
4	<i>Земляное полотно</i>	–
5	<i>Мосты железнодорожные</i>	–
5.1	Брусья мостовые деревянные железных дорог широкой колеи до их механической и защитной обработки	Декларирование
5.2	Брусья мостовые деревянные железных дорог широкой колеи, пропитанные защитными средствами	Декларирование
6	<i>Пешеходные переходы через железнодорожные пути</i>	–
7	<i>Пешеходные тоннели под железнодорожными путями</i>	–
8	<i>Тоннели железнодорожные</i>	–
9	<i>Трубы водопропускные</i>	–
10	<i>Участок железнодорожного пути</i>	–

Требования безопасности к промежуточному рельсовому скреплению СБ-3. Промежуточное рельсовое скрепление – конструкция, прикрепляющая рельсы к рельсовой опоре. На железных дорогах стран ЕАЭС до недавнего времени было распространено промежуточное рельсовое скрепление КБ, которое зарекомендовало себя как достаточно надежное, позволяющее эксплуатировать железнодорожный путь в экстремаль-

ных условиях. Тем не менее скреплению КБ присущи и недостатки: многодетальность конструкции; повышенная жесткость прикрепления рельса к железобетонным шпалам; ослабление в процессе эксплуатации затяжки клеммных и закладных болтов.

В настоящее время на Белорусской железной дороге широко внедрено безболтовое бесподкладочное скрепление СБ-3, которое сохраняет полную работоспособ-

ность и обеспечивает надежное прикреплeние рельсов к подрельсовому основанию даже после пропуска 1,3 млрд т брутто груза.

Для соблюдения требований [1] к промежуточному рельсовому скреплению СБ-3, применяемому в конструкции железнодорожного пути с железобетонными

шпалами, на добровольной основе применен ГОСТ 32698–2014 [2]. Проведен анализ [1] и [2], который позволил установить требования безопасности и показатели для подтверждения соответствия промежуточного рельсового скрепления СБ-3 (таблица 2).

Таблица 2 – Требования безопасности и показатели для подтверждения соответствия промежуточного рельсового скрепления СБ-3

Обозначение документа, определяющего показатель	Наименование показателя	Значение показателя	
<i>Требование безопасности 1: объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта и продукция должны обеспечивать выполнение условий эксплуатации с учетом внешних климатических и механических воздействий.</i>			
<i>Требование безопасности 2: все составные части железнодорожного пути и элементы составных частей железнодорожного пути (рельсы, стрелочные переводы, рельсовые скрепления, шпалы, балласт и другие) по прочности, несущей способности и устойчивости должны обеспечивать безопасное движение железнодорожного подвижного состава с наибольшими скоростями в пределах допустимых значений</i>			
ГОСТ 32698, подраздел 4, таблица 1, п. 1	Удерживающая способность узла рельсового скрепления (с отрезком рельса) в поперечном направлении пути при одновременном действии циклических нагрузок на базе 4 млн циклов нагружений	вертикальной, кН	100
		горизонтальной, кН	50
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 1.1	Остаточное поперечное перемещение головки рельса при циклическом воздействии, мм, не более		3
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 1.2	Остаточное поперечное перемещение подошвы рельса при циклическом воздействии, мм, не более		2
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 1.3	Наличие трещины, разрушения элемента рельсового скрепления и шпалы		Не допускается
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 2.1	Удерживающая способность узла рельсового скрепления в продольном направлении пути: усилие монтажного прижатия рельса к шпале/подкладке (температурный интервал T_A менее 110 °С)		20
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 2.3	Удерживающая способность узла рельсового скрепления в продольном направлении пути: продольная нагрузка, необходимая для возникновения необратимого смещения рельса или подкладки, при их монтажном прижатии (температурный интервал T_A менее 110 °С)		14,0
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 3.1	Упругие характеристики узла рельсового скрепления: вертикальная жесткость узла рельсового скрепления, МН/м		От 50 до 100
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 3.2	Поперечная жесткость (по подошве рельса), не менее, МН/м		30
ГОСТ 32698, таблица 1, п. 4	Электрическое сопротивление между узлами рельсового скрепления на шпале, кОм, не менее		10
<i>Требование безопасности 3: продукция должна иметь идентификационные и предупреждающие надписи и маркировку</i>			
ТР ТС 003/2011, ст. 4, п. 11	Продукция должна иметь хорошо различимые идентификационные и предупреждающие надписи и маркировку, которые должны быть повторены и пояснены в руководстве по эксплуатации		Наличие маркировки
<i>Требование безопасности 4: продукция должна иметь маркировку, обеспечивающую идентификацию независимо от года выпуска</i>			
ТР ТС 003/2011, ст. 4, п. 12	Продукция должна иметь маркировку, обеспечивающую идентификацию продукции независимо от года ее выпуска, в том числе: единый знак обращения продукции на рынке государств – членов ТС; наименование изготовителя или его товарный знак, наименование продукции; дата изготовления		Наличие маркировки

Соответствие промежуточного рельсового скрепления СБ-3 требованиям [1] обеспечивается путём непосредственного выполнения этих требований или путём выполнения требований стандартов, включённых в перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований [1]. Аналогичным образом могут быть установлены требования безопасности для всех элементов составных частей подсистем инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Получено 05.02.2018

Список литературы

- 1 О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 003/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 67 с.
- 2 ГОСТ 32698–2014. Скрепление рельсовое промежуточное железнодорожного пути. Требования безопасности и методы контроля. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2014. – 10 с.

A. A. Kebikov, V. S. Zaichyk, M. A. Rahavenka. Definition of the safety requirements to intermediate rail fastening SB-3. Safety requirements to subsystems of railway track and to intermediate rail fastening SB-3 are specified. The structure of railway track in relation to the procedure of obligatory confirmation of compliance of railway production in the Eurasian Economic Union is defined. Certified indicators for intermediate rail fastening SB-3 are established.

ОБЪЕКТНАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ВЫПОЛНЕНИЯ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ

Обеспечение рациональной организации вагонопотоков в поезда различной категории является одним из важнейших вопросов теории и практики эксплуатационной работы железнодорожного транспорта. После структурной реорганизации железнодорожного транспорта, с расширением участников перевозочного процесса, установлением отношений между оператором инфраструктуры и перевозчиками, необходимо дополнить методику расчета плана формирования грузовых поездов новыми технологическими и организационными решениями. Необходимо оперативно осуществлять анализ и оценку выполнения всеми участниками перевозочного процесса плана формирования поездов (ПФ) и на основании полученных результатов принимать необходимые управленческие решения. Для решения этих задач требуется изменить существующую систему анализа выполнения ПФ, сформировать и формализовать ее объектную структуру. Развитие объектной структуры позволит более точно и детально решать задачи системы организации вагонопотоков.

Анализ выполнения планов формирования поездов характеризует соответствие этих планов фактической организации вагонопотоков на технических станциях железной дороги, а также выявляет причины имевших место нарушений планов формирования. В результатах анализа организации вагонопотоков должно устанавливаться влияние плана формирования на выполнение норм оборота вагона, переработки вагонов и их простоя на технических станциях. Выводы анализа выполнения ПФ являются объективным инструментом для оперативных корректировок, а также при разработке нового плана формирования поездов.

Для производства анализа плана формирования система показателей и параметров учитываются объекты их выполнения. Анализ ПФ производится для группы объектов: станции, отделения, дорога, назначения поездов, по пунктам перехода на соседние дороги и районам местной работы. По каждому объекту учитывается категория формируемых (отправляемых) поездов.

Математическое описание железнодорожной транспортной сети с выделением на ней вышеуказанных объектов для решения задач ПФ должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- адекватно отображать топологию объектов железнодорожной инфраструктуры и не иметь внутренних противоречий;
- соответствовать общим принятым приемам и правилам описания транспортной сети;
- идентифицировать на транспортной сети следующие объекты системы организации вагонопотоков: железнодорожная станция, участок и назначение поезда.
- определять размеры транспортной нагрузки по объектам транспортной сети с учетом установленных параметров;
- иметь возможность моделирования и агрегирования транспортной нагрузки по объектам транспортной сети;
- соответствовать правилам формализации железнодорожных транспортных сетей в системе организации вагонопотоков.

Объектные группы (отделение и дорога) определяются множеством входящих в их кластер станций и структурно формализуются:

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}, \quad (1)$$

где k – количество станций в рассматриваемой объектной группе.

Топология железнодорожной сети дороги (отделения) на приведенном выше множестве S задается матрицей T :

$$T = \{t_{ij} : i, j = \overline{1, k}\}, \quad (2)$$

$$\text{где } t_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– если станции } i \text{ и } j \text{ связаны между собой} \\ & \text{железнодорожным перегонном;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

В соответствии с приведенными выше определениями объектная группа дороги допускает следующее разбиение:

$$S = S_{c.n} \cup S_{т.с} \cup S_{п.с}, \quad (3)$$

где $S_{c.n}$ – множество станций, являющихся пунктами перехода на соседние дороги; $S_{т.с}$ – множество технических станций; $S_{п.с}$ – множество промежуточных станций.

В анализе выполнения (нарушения) ПФ множество станций S также разделяют на станции формирования p и расформирования q вагонопотока. Станции p и q могут входить в любое из подмножеств $S_{c.n}, S_{т.с}, S_{п.с}$.

Для формализации маршрута следования вагонопотока по железнодорожной сети формируется подмножество (4), которое задает путь, соединяющий станции p и q в рамках объектной группы.

$$\{s_1, \dots, s_i, \dots, s_n\}, s_1 = p; s_n = q; s_i \in S. \quad (4)$$

При организации местных поездов железнодорожная сеть разбивается на районы местной работы (РМР), которые определяются на основе анализа эксплуатационной работы на железной дороге, технологии работы в железнодорожных узлах и участках, и размещением железнодорожных станций $S_{п.с.}$, открытых для выполнения грузовых операций. В системе организации местных вагонопотоков станции РМР прикрепляются к технической станции $S_{т.с.}$, входящей в перечень станций плана формирования («опорная станция РМР»). Если в РМР несколько станций плана формирования, то такой район разбивается на подрайоны по зонам тяготения согласно действующей технологии организации местных вагонопотоков. Границами района местной работы выбираются железнодорожные станции, которые тяготеют к опорной станции, а также пункты перехода на соседние дороги.

Станции, входящие в район тяготения технических станций, могут быть представлены в виде множества

$$D = \{d_{ij} : i \in S_{п.с.}, j \in S_{с.п.т.с.}\}. \quad (5)$$

Пример района тяготения промежуточных станций к техническим на участке Жлобин – Калинковичи приведен в таблице 1, где коды станций указаны в соответствии с единой сетевой разметкой (ЕСР).

Таблица 1 – Район тяготения к техническим станциям на участке Жлобин – Калинковичи

ЕСР	Станция	Район тяготения					
		прибытие			отправление		
		станция	ЕСР	код	станция	ЕСР	код
15500	Жлобин						
15420	Светлогорск-на-Березине	Жлобин	15500	1	Жлобин	15500	1
		Калинковичи	15380	1	Калинковичи	15380	1
15410	Горочичи	Калинковичи	15380	0	Калинковичи	15380	0
15401	Юшки	Калинковичи	15380	0	Калинковичи	15380	0
15380	Калинковичи						

Данные таблицы 1 определяют, что в системе организации местных поездов на железнодорожном участке Калинковичи – Жлобин станции Горочичи и Юшки жестко закреплены за технической станцией Калинковичи, а станция Светлогорск-на-Березине не имеет жесткой привязки ни к одной из станций участка и станцией тяготения может выступать как техническая станция Калинковичи, так и Жлобин, в зависимости от направления следования зарождающегося вагонотока.

Рассматриваемый район тяготения можно представить в виде схемы (рисунок 1).

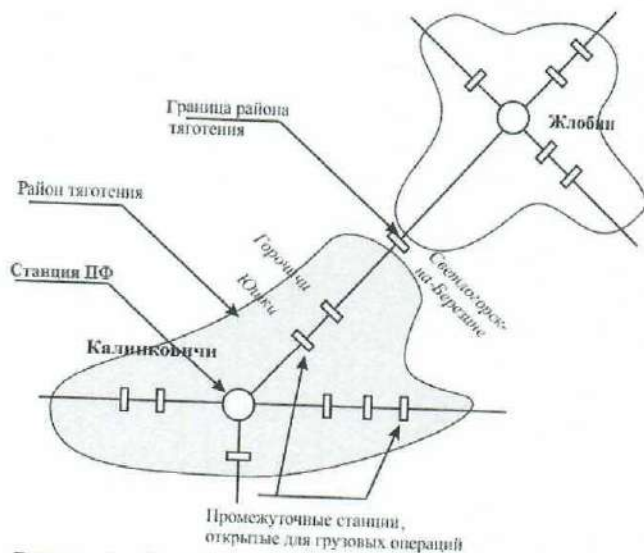


Рисунок 1 – Схема района тяготения технической станции Калинковичи

Вышеприведенные определения математически полностью формализуют понятие «объектная структура транспортной сети» и составляют основу для моделирования процесса перевозок в системе организации вагонотоков. Также данная сетевая модель применяется в качестве информационно-справочной основы для множества других транспортных задач, в том числе для анализа и оценки выполнения плана формирования поездов.

Район тяготения каждой промежуточной станции на участке кодируется (в таблице 1 колонка «код»): 0 – характеризует, что станция i жестко закреплена за опорной технической станцией j ; 1 – район тяготения для станции определяется в зависимости от направления следования вагонотока; 2 – станция относится к району тяготения, в котором опорной является станция, расположенная на железнодорожном участке.

В соответствии с определениями объектной структуры системы анализа ПФ описание процесса перевозки с привязкой к железнодорожной сети в общем виде задается множеством

$$A = \{R, X\}, \quad (6)$$

где R – множество векторов расстояний между станциями сети

$$R = \{r_p : p = \overline{1, k}\}, \quad (7)$$

где r_p – вектор кратчайших расстояний от станции p до всех остальных станций сети; X – множество корреспонденций вагонотоков между станциями сети,

$$X = \{[p, q, n, c, G, t_p, t_q], i = \overline{1, N}\}, \quad (8)$$

где c – категория поезда; G – признак перевозчика; n – размер корреспонденции; t_p – дата и время отправления; t_q – дата и время прибытия.

Для формирования расчетных вагонотоков на основании множества (8) разработан метод агрегирования вагонотоков на железнодорожных направлениях. Данный метод состоит из 4 алгоритмов расчета [4] для вагонотоков:

- зарождающихся на станции p ;
- погашающихся на станции q ;
- следующие транзитом по участку pq ;
- зарождающиеся на станции p и погашающиеся на станции q .

На основании разработанных алгоритмов можно определить параметры транспортной нагрузки на объекты инфраструктуры железнодорожной сети, которые используются для расчета ПФ, а также для анализа и оценки выполнения показателей ПФ грузовых поездов.

В системе анализа выполнения ПФ группа показателей также подразделяется по субъектам управления и времени выполнения. Под субъектом управления ПФ понимается организация железнодорожного транспорта, которая уполномочена выполнить услуги, связанные с организацией вагонотоков в грузовые поезда на инфраструктуре железнодорожной администрации. К субъектам управления при анализе и оценке параметров ПФ относятся участники перевозочного процесса (с

необходимым уровнем доступа к инфраструктуре): перевозчики, операторы инфраструктуры, операторы подвижного состава и грузоотправители.

По времени выполнения анализ показателей ПФ осуществляется по заданным периодам, которые зависят от типа решаемой задачи системы организации вагонопотоков и подразделяются: на сутки (оперативный), декаду, месяц, квартал, полугодие и год. Общая структура системы анализа выполнения (нарушения) плана формирования поездов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Структура системы анализа ПФ

Наименование	Описание структуры
Объектно-инфраструктурная	Инфраструктура:
	станции
	отделения дороги
	Дорога
	межгосударственные стыковые пункты
	Объекты:
	сквозные поезда
	участковые поезда
	сборные поезда
	вывозные поезда
	передаточные поезда
	диспетчерские локомотивы
	маневровые локомотивы
	технические маршруты
	отправительские маршруты
ступенчатые маршруты	
маршруты из порожних вагонов	
специализированные поезда	
Субъектная	перевозчик
	оператор инфраструктуры
	оператор подвижного состава
	грузоотправитель (грузополучатель)
Временная	оперативная
	сутки
	месяц
	квартал
	полугодие
	год
	за период (среднее, с накоплением)

Получено 19.12.2016

V. G. Kozlov. Object structure of the analysis of the implementation of the plan of formation.

Ensuring the rational organization of traffic volumes in to train of various categories is one of the most important aspects of the theory and practice of operational work of the railway transport. After the reorganization of rail transport, with the appearance on the Belarusian Railways multiple carriers, additional technological and organizational issues are superimposed on this issue. In such circumstances, you need to carry out the analysis and assessment of the performance of all participants in the transportation process and train formation plan based on the results to take appropriate management decisions. For this purpose, to change the existing formation plan performance analysis system. Establishing and formalization of its object structure will allow to it is necessary solve the problem of organizing the system of traffic volumes.

На основе представленной структуры и математической формализации объектов транспортной инфраструктуры на Белорусской железной дороге разработана общая методика различных форм технико-эксплуатационного анализа выполнения ПФ: сравнительный (к нормативным значениям, прошлому и предшествующему периодам) и факторный. Также разработаны процедуры оперативного анализа и контроля нарушений, устанавливающие влияние отдельных процессов на составообразование и его показатели.

Следующим этапом совершенствования процедуры выполнения анализа ПФ является автоматизация соответствующих расчетов и создание в рамках автоматизированной системы организации вагонопотоков (АС ОВ) подсистемы анализа выполнения показателей ПФ. Создание данной автоматизированной подсистемы позволит интегрировать процесс оптимизации плана формирования на железной дороге за счет создания единой базы данных функционирования объектов железнодорожной сети и единых массивов данных о вагонопотоках на объектах инфраструктуры железной дороги. Интеграция в АСОВ процедур формирования вагонопотоков на основе данных о заявках на перевозку грузов и перемещение порожних вагонов, а также процедур анализа и контроля нарушений выполнения ПФ позволяет значительно повысить достоверность расчетов ПФ и ускорить процедуру оперативной корректировки ПФ при существенных изменениях структуры и направлений перемещения вагонопотока.

Список литературы

- 1 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге : утв. приказом № 1294 НЗ от 30.12.2013. – Минск : Бел. ж. д., 2013. – 320 с.
- 2 **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.
- 3 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
- 4 **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.
- 5 **Козлов, В. Г.** Использование общего условия оценки выделения назначений при расчетах плана формирования методом совмещенных аналитических сопоставлений / В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1. – С. 58–60.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССЫ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ НА ИХ УЧАСТКОВУЮ СКОРОСТЬ

Рассмотрено влияние массы грузовых поездов на их участковую скорость. На основе анализа данных о движении грузовых поездов на двухпутном участке Минск – Орша и однопутном участке Могилев – Осиповичи исследована возможность установления зависимости между массой и участковой скоростью поезда. Рассмотрены перспективы использования данных о массе поезда при разработке графика движения поездов.

Масса поезда – один из важнейших эксплуатационных показателей, определяющих качество работы железнодорожного транспорта; она в значительной степени определяет себестоимость и экономическую эффективность системы организации перевозок, поскольку удельный расход топлива (электроэнергии) на тягу поездов непосредственно связан с величиной данного параметра. В связи с этим целесообразным является исследование влияния массы грузового поезда на его участковую скорость и, соответственно, на время его следования по участку. В случае если между указанными параметрами обнаружится достаточно высокая корреляция, выявленную закономерность необходимо учитывать при разработке графика движения поездов.

В связи с тем, что на участковую скорость поезда оказывает влияние большое число трудно формализуемых факторов, для исследования взаимосвязи между массой и скоростью поезда целесообразно использовать методы математической статистики. Для оценки уровня статистической взаимосвязи между массой поезда и его участковой скоростью используем коэффициент корреляции Пирсона, определяющий силу линейной зависимости между величинами (далее – коэффициент корреляции). При значении данного коэффициента более 0,5 можно утверждать, что между исследуемыми величинами существует достаточно высокий уровень корреляции; если же величина параметра менее 0,2, корреляция является очень слабой [7].

Рассмотрим результаты анализа данных о движении грузовых поездов различных категорий на железнодорожных участках Минск – Орша и Осиповичи – Могилев в 2015–2017 гг., выполненного с использованием программного пакета Statgraphics. Необходимо отметить, что интенсивность движения на указанных участках существенно различается. Так, согласно нормативному графику движения на 2017–2018 гг., размеры движения на двухпутном участке Минск – Орша составляют до 104 пар поездов в сутки (в том числе до 46 пар грузовых поездов); на однопутном участке Осиповичи – Могилев – до 18 пар поездов в сутки (в том числе до 9 пар грузовых поездов).

На рисунке 1 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Минск – Орша, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

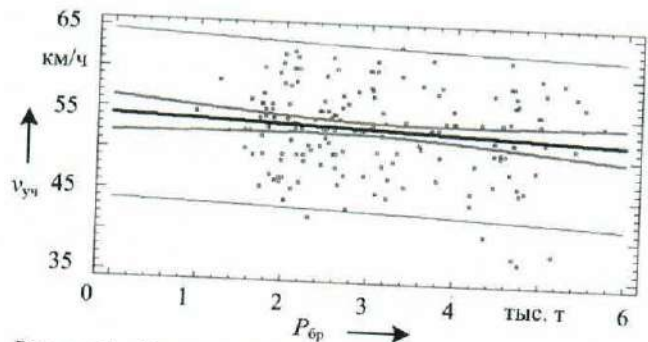


Рисунок 1 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Минск – Орша, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью сквозного грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Минск – Орша имеет вид

$$v_{уч} = 54,1784 - 0,000394271P_{бр} \quad (1)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $-0,088$, что позволяет сделать вывод об очень слабой зависимости между рассматриваемыми параметрами – с увеличением массы поезда его участковая скорость незначительно уменьшается.

На рисунке 2 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

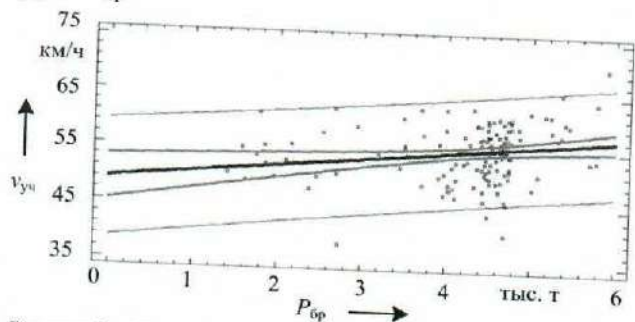


Рисунок 2 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью сквозного грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Орша – Минск имеет вид

$$v_{уч} = 49,0244 + 0,00134147P_{бр} \quad (2)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $0,248$, что характеризует корреляцию как слабую. На указан-

ном направлении при увеличении массы грузового поезда наблюдается некоторое повышение его участковой скорости.

Уровень корреляции между массами участковых поездов и их участковыми скоростями также достаточно низок. На рисунке 3 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

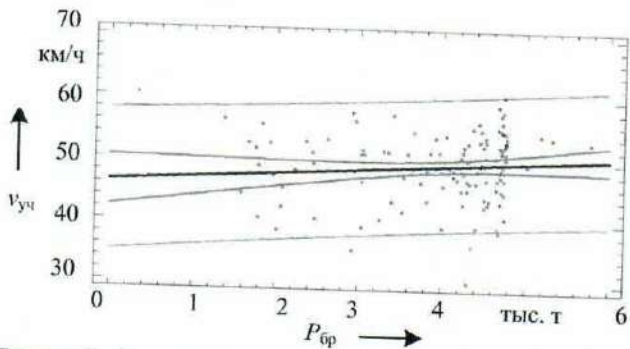


Рисунок 3 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Орша – Минск, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью участкового грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ на направлении Орша – Минск имеет вид

$$v_{уч} = 46,3659 + 0,000724421P_{бр}. \quad (3)$$

При этом коэффициент корреляции составляет 0,130, что свидетельствует о том, что для данной категории поездов корреляция между массой и участковой скоростью также является очень слабой. Участковая скорость поезда незначительно возрастает с увеличением его массы.

Таким образом, результаты проведенного на участке Орша – Минск исследования корреляции между участковой скоростью грузового поезда и его массой позволяют утверждать, что взаимосвязь между данными параметрами является достаточно слабой.

Рассмотрим результаты аналогичного исследования, выполненного на железнодорожном участке Могилев – Осиповичи. На рисунке 4 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$.

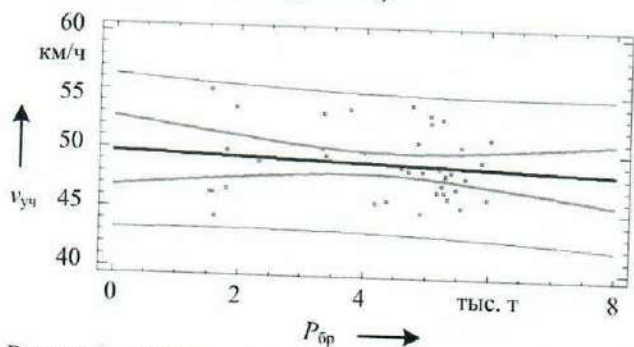


Рисунок 4 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ сквозных грузовых поездов, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью сквозного грузового поезда $v_{уч}$ и его массой

брутто $P_{бр}$ для направления Могилев – Осиповичи имеет вид

$$v_{уч} = 49,7399 - 0,000183384P_{бр}. \quad (4)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $-0,093$. Таким образом, уровень корреляции между параметрами является очень слабым. Наличие очень слабой отрицательной корреляции свидетельствует о том, что при увеличении массы поезда его участковая скорость незначительно снижается.

Распределение участковых скоростей участковых грузовых поездов $v_{уч}$, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$ показано на рисунке 5.

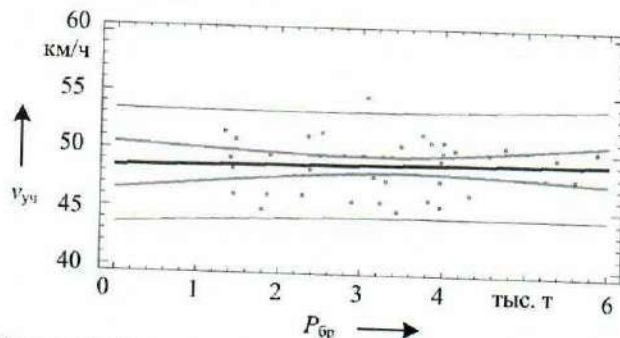


Рисунок 5 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Могилев – Осиповичи, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Формула линейной зависимости между участковой скоростью участкового грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Могилев – Осиповичи имеет вид

$$v_{уч} = 48,4792 + 0,0000980343P_{бр}. \quad (5)$$

При этом коэффициент корреляции составляет 0,055, что указывает на наличие очень слабой корреляции между участковой скоростью и массой грузового поезда. Участковая скорость поезда незначительно возрастает при увеличении его массы.

На рисунке 6 показано распределение участковых скоростей $v_{уч}$ в зависимости от массы брутто $P_{бр}$ для участковых грузовых поездов, следующих в направлении Осиповичи – Могилев.

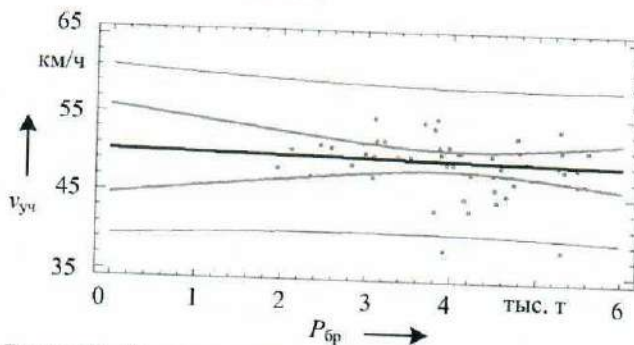


Рисунок 6 – Распределение участковых скоростей $v_{уч}$ участковых грузовых поездов, следующих в направлении Осиповичи – Могилев, в зависимости от их массы брутто $P_{бр}$

Линейная зависимость между участковой скоростью участкового грузового поезда $v_{уч}$ и его массой брутто $P_{бр}$ для направления Осиповичи – Могилев имеет вид

$$v_{уч} = 50,2257 + 0,0002184557P_{бр}. \quad (6)$$

При этом коэффициент корреляции составляет $-0,047$, что свидетельствует о наличии очень слабой корреляции между участковой скоростью и массой грузового поезда. При увеличении массы поезда его участковая скорость незначительно снижается. Таким образом, на железнодорожном участке Могилев – Осиповичи корреляция между массой грузового поезда и его участковой скоростью является очень слабой.

Результаты приведенных выше исследований взаимосвязи между участковыми скоростями грузовых поездов и их массами, а также аналогичных исследований, выполненных для других категорий грузовых поездов и направлений движения, сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции между участковыми скоростями грузовых поездов и их массами

Направление следования поезда	Категория грузовых поездов		
	сквозные	участковые	всего
Минск – Орша	-0,088	-0,289	-0,103
Орша – Минск	0,248	0,130	0,237
Могилев – Осиповичи	-0,093	0,055	-0,020
Осиповичи – Могилев	0,060	-0,047	-0,027

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что корреляция между участковыми скоростями грузовых поездов и их массами на обоих исследованных железнодорожных участках варьируется от очень слабой до слабой.

Данные о корреляции между массами грузовых поездов различных категорий и их участковыми скоростями на железнодорожном участке Минск – Орша позволяют сделать вывод о том, что в рамках одного железнодорожного участка в зависимости от направления следования поезда зависимость между его массой и участковой скоростью может быть положительной или отрицательной, что обусловлено особенностями продольного профиля участка и величиной руководящих

уклонов для каждого из направлений следования. На однопутном участке Могилев – Осиповичи корреляция между рассмотренными параметрами значительно ниже, чем на двухпутном участке Минск – Орша, что обусловлено значительно более низкой интенсивностью движения на участке.

В целом результаты выполненного исследования позволяют сделать вывод о том, что масса грузовых поездов имеет слабую связь с их участковой скоростью и, соответственно, временем следования по участку. В то же время, в соответствии с [4], масса и состав поездов, следующих по железнодорожному направлению, оказывают непосредственное влияние на величину эксплуатационных затрат, связанных с тем или иным вариантом организации вагонопотоков, и должны учитываться при разработке плана формирования поездов.

Список литературы

- 1 Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. – М. : Транспорт, 1981. – 223 с.
- 2 Боровикова, М. С. Организация движения на железнодорожном транспорте / М. С. Боровикова. – М. : Маршрут, 2003. – 368 с.
- 3 Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Транспорт, 1969. – 576 с.
- 4 Негрей, В. Я. Развитие теории расчета плана формирования одногруппных поездов / В. Я. Негрей, К. М. Шкурин // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 2 (35). – С. 123–126.
- 5 Правдин, Н. В. Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 247 с.
- 6 Серегина, В. С. Решение инженерных задач методами математической статистики / В. С. Серегина. – Гомель : БелГУТ, 1994. – 109 с.
- 7 Шевченко, Д. Н. Теория вероятностей и математическая статистика / Д. Н. Шевченко. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 314 с.

Получено 08.05.2018

К. М. Shkurin. Analysis of the influence of freight train weight on its segment speed.

The research aims at the analysis of the influence of freight train weight on its segment speed. The possibility of establishing the relationship between the gross weight and the segment speed of freight train is considered. The research is based on the analysis of the data on the movement of freight trains on Minsk – Orsha and Mogilev – Osipovichi railway sections. The prospects for using data on freight train weight in the development of train schedule are considered.

УДК 656.224

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, Т. А. ВЛАСЮК, кандидат технических наук, Я. С. КУНИЦКИЙ, инженер, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ВЫБОР СИСТЕМООБРАЗУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ УСЛУГ ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ

Рассмотрены актуальные проблемы научно-методического обеспечения оптимального развития и функционирования пассажирских терминалов как составных элементов транспортных систем крупных агломераций и регионов. Приводятся основные теоретические положения по обоснованию мероприятий эффективного развития пассажирских терминалов с учетом их перевода на полную окупаемость с учетом использования современных технологий.

Вокзалы как составная часть транспортной системы были созданы практически одновременно с появлением платных транспортных услуг в области пассажирских перевозок. В ретроспективе вокзалы интегрировались в городскую архитектурную инфраструктуру, особенно в плотной и исторической застройке (рисунок 1).



Рисунок 1 – Размещение вокзала в исторической застройке города (Лондон)

С учетом массового наплыва туристов вокзалы стали размещать в туристических зонах, популярных для них. Наиболее показательным является вокзал на окраине Ватикана, размещенный в античной части города на эстакаде (рисунок 2). Для этого был построен виадук над античной частью города.



Рисунок 2 – Размещение вокзала в плотной застройке исторической части города (Ватикан)

С ростом объемов перевозок пассажиров увеличивались потребности в услугах вокзального сервиса, что по-

требовало их расширения. При этом услуги вокзала для одного вида транспорта стали терять актуальность уже в начале 2000-х годов. Наиболее востребованным у пассажиров стал интегрированный комплекс с несколькими видами транспорта: обычно железнодорожный, автобусный и городской. В редких случаях дополнительно используется речной и воздушный (г. Берлин, Шёнефельд).

Механизм предоставления услуг пассажирам на вокзалах сегодня превратился в сложную межатраслевую систему, в которой участвует большое количество транспортных и нетранспортных организаций.

Основными вещественными элементами этой системы являются: инфраструктура вокзала, информационные коммуникации (непосредственно вида транспорта и телекоммуникационных подразделений других министерств и ведомств), контактно-финансовая система (денежное обслуживание вокзала), технологическая логистика работы вокзала и распределительная логистика транспортных потоков по начально-конечным операциям с пассажирами, топливно-энергетические ресурсы, подразделения вида транспорта и внешние исполнители, обеспечивающие функциональную работоспособность вокзала. В связи с перечисленным вокзалы относятся к пассажирским терминалам и являются частью транспортной системы по пассажирским перевозкам.

Перечисленные выше вещественные элементы пассажирских терминалов не являются «производительными», что определяет основное содержание процесса управления ими: координацию, обеспечение эффективного использования всех технологических элементов. Это связано с выполнением ряда сложных процессов и операций, без которых предоставление так называемых вокзальных услуг станет невозможным.

Развитие инновационных технологий в сфере обслуживания пассажиров на вокзалах привело к снижению потребности в некоторых услугах. Особенно это коснулось кассового обслуживания пассажиров при оформлении ими проездных документов через Интернет. Использование интерактивной дистанционной системы приобретения проездных документов пассажирами привело к тому, что вокзалы утратили ряд функций: продажа проездных документов, прием и хранение багажа (исключена необходимость обязательного присутствия пассажира на вокзале приобретении билета и предварительной доставки багажа), питание пассажиров в пунктах начального и конечного нахождения. В условиях падения спроса на пассажирские

перевозки на многих железных дорогах и в автотранспортных компаниях приобретение проездных документов пассажирами производится на борту транспортного средства через специальный терминал. Ретроспектива динамики изменения объемов пассажирских перевозок в странах Европы [ВБ] (исключая Россию) и услуг на вокзалах показана на рисунках 3 и 4.

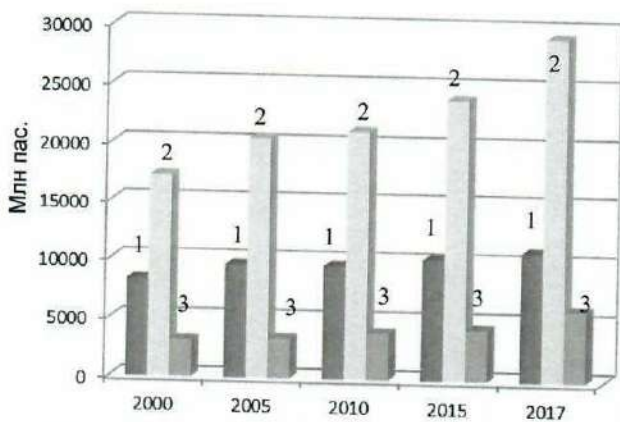


Рисунок 3 – Ретроспектива динамики изменения объемов пассажирских перевозок в странах Европы: 1 – на железной дороге; 2 – на автотранспорте; 3 – на воздушном транспорте

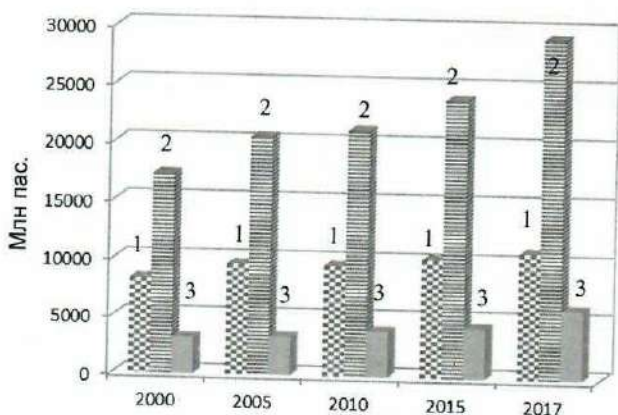


Рисунок 4 – Ретроспектива динамики объемов услуг, снятых с пассажирских терминалов: 1 – на железной дороге; 2 – на автотранспорте; 3 – на воздушном транспорте

Из приведенных диаграмм видно, что общий объем перевозок пассажиров растёт на всех видах транспорта, но наиболее интенсивно на автобусах и самолётах, что вызвано активным развитием туризма (76,8 % роста за последние 5 лет, включая прирост туристов из Китая в европейские государства). При этом с учётом того, что используются чартерные рейсы, потребность в части вокзальных услуг (билетно-кассовое обслуживание) существенно сократилась.

Возникла потребность пересмотра функциональной деятельности пассажирских терминалов (вокзалов) на видах транспорта. Так, при совершенствовании системы обслуживания пассажиров на терминалах, рассматриваются: распределение задач и этапов их реализации по уровням и узлам терминала, как одной из подсистем транспорта (рисунок 5 – для железной дороги, рисунок 6 – для автовокзалов); определение системообразующих параметров, критериев эффективности, очередности разработки и внедрения системных задач; выбор

технических средств и оптимальной логики функционирования технического комплекса в принятой технологии работы с пассажирами; разработка собственной расширенной системы информационного обеспечения; оптимальное построение экономики терминала. При этом наряду с пассажиропотоками параллельно рассматриваются денежные потоки.

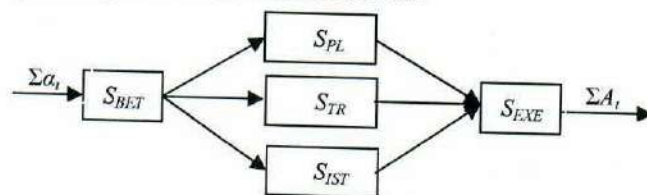


Рисунок 5 – Структурно-функциональное построение системы обеспечения пассажирских перевозок на железной дороге: S_{BET} , S_{EXE} – вокзальные услуги по отправлению и прибытию; S_{PL} – обеспечение перевозки плакатной; S_{TR} – тяговое обеспечение; S_{IST} – услуги инфраструктуры

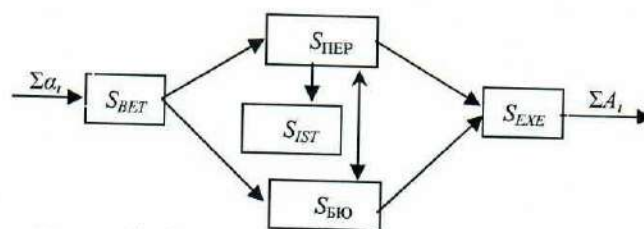


Рисунок 6 – Структурно-функциональное построение системы обеспечения пассажирских перевозок на автотранспорте: S_{BET} , S_{EXE} – вокзальные услуги по отправлению и прибытию; $S_{ПЕР}$ – подсистема перевозчика; $S_{ИСТ}$ – услуги инфраструктуры; $S_{БЮ}$ – бюджетная подсистема

Для решения поставленных задач необходимо учитывать требуемые параметры. На сегодня одной из самых актуальных задач является актуализация синтеза существующей организационной структуры при изменении условий внешней среды. Проблема синтеза организационной структуры современных пассажирских терминалов состоит в выборе принципов реформирования: целей, критериев, ограничений работы по ряду функциональных задач, распределение этих задач.

При постановке задачи синтеза новой функциональной структуры пассажирского терминала используются три основных параметра: 1) синтезированные структурные элементы управления с учетом сложившейся общей системы управления пассажирскими перевозками (см. рисунок 1); 2) наличие принципиального координатора пассажирских перевозок в регионе (оператора); 3) наличие информационно-функциональной системы (информационной, финансовой, управляющей).

Оптимальная структура функциональной деятельности пассажирского терминала на видах транспорта формируется на следующей базе.

1 Выполняемые функции, которые можно формализовать в виде множества решаемых задач. Формализация увязывается с издержками пассажирских терминалов

$E_i = \{E_i\}$. Каждая из задач $E_i(i, I)$ может состоять из нескольких этапов $n_i(i, A_i)$. Для каждой из задач множества E_i задаются возможные варианты их решения.

2 Связь между задачами и их этапами рассматривается через тарифную составляющую на услуги терминала для пассажиров $C_E = \{E_{ni}(E_{ni}^0, A_{ni}^0)\}$, где $E_{ni}, E_{ni}^0 \in E_{об}$.

При этом E_{ni}, E_{ni}^{φ} характеризуют взаимосвязи, существующие между решаемыми задачами и их этапами, и ориентированы соответственно на использование современных информационных технологий.

При синтезе современных технологий на пассажирских терминалах основные виды связей разделены на следующие типы: последовательные, сборка, разветвление (рисунки 3 и 4 по видам предоставления услуг в процессе перевозки пассажира).

Множество возможных звеньев системы работы пассажирского терминала $S_{BET} \leftrightarrow S_{EXE} (E_{a,i} \rightarrow E_{A,j})$ и связей между ними формализуются в следующем виде (в виде графа вариантов, увязывающего работу терминала и расходы, связанные с ней по отправлению и перевозке пассажиров)

$$G_E = \{S_{BET}(S_{EXE} E_{A,j})\},$$

где G_E – отображают звенья подсистем пассажирского терминала при возможных вариантах функционального построения. Целесообразно задать конечный набор вариантов возможных звеньев функционального построения пассажирского терминала, увязанных с учетом связей между ними и получаемых расходов при этом.

Виды и характеристики технических средств, которые можно применять в системе предоставления услуг пассажирским терминалом, обозначить через $U_E = \{a_i\}$ – множество возможных технических средств, $u_E = \{1, U_i\}$ – тип технического средства.

Важным является также вопрос по внешним для пассажирского терминала источникам информации и потребителям услуг на всех этапах решения задач на терминале.

Задача построения оптимальной структуры обслуживания пассажиров на терминале заключается в нахождении оптимального состава звеньев системы ($S_{BET} \leftrightarrow S_{EXE}$) и связей между ними (G_E), возлагаемых на технические средства и персонал терминала, варианты их решения [финансовый ($E_{a,i} \rightarrow E_{A,j}$) и технический (U_E)], распределении их по уровням и звеньям системы и выборе комплекса технических средств, при которых максимизируется эффект от внедрения задач оптимального обслуживания пассажиров на терминалах при условии

$$\max \sum_{n=1}^N \pi_{n,i}^v = \sum_{\omega=1}^{\Omega} x_{\omega,u}^v,$$

где $\pi_{n,i}^v$ – эффект от внедрения n -го этапа i -й задачи при использовании v -го варианта решения при использовании ω -го варианта управленческих решений по выбору u -го технического средства l -го заданного типа. В противном случае технические устройства не будут оптимально использоваться пассажирами и $\sum_{\omega=1}^{\Omega} x_{\omega,u}^v = 0$, что принесёт существенные убытки при обслуживании пассажиров на терминале.

Предполагается, что каждый этап решается в одном звене, при этом очевидно, что

$$\sum_{\omega=1}^{\Omega} x_{\omega,u}^v > 1.$$

Оптимальную функциональную структуру терминала определяют при ограничениях на ресурсы, техническую реализацию функций и эксплуатацию технических устройств, своевременность обслуживания пассажиров. Ограничения при формировании функциональной структуры пассажирского терминала сводятся к виду

$$\sum_{u=1}^U R_{n,i,u,a_i}^v x_{\omega,u} \leq R_k;$$

$$\sum_{u=1}^U h_{n,j,u,a_i}^v t_{n,j,u,a_i} \leq z_{u,j};$$

$$t_{n,j,u,a_i} = \sum_{j=1}^J (A_{np} T)_{n,j},$$

где $k = \overline{1, K}$ – тип ресурсов; R_k – общее количество ресурсов, выделенное на обслуживание пассажиров на

терминале; $\sum_{u=1}^U h_{n,j,u,a_i}^v$ – интенсивность обслуживания

пассажиров на терминале; $z_{u,j}$ – загрузка u -го техни-

ческого средства определенного типа; t_{n,j,u,a_i} – продолжительность выполнения n -го этапа обслуживания пассажиров в j -м звене u -го технического средства (кассовое обслуживание, приобретение проездных документов через интернет и т. д.); $(A_{np} T)_{n,j}$ – трудоемкость (либо объем) реализации услуги для пассажира.

Имеются также ограничения по приёму и реализации управляющих воздействий на комплекс технических устройств вокзала, имеющие вероятность превышения времени решения допустимой величины $t_{n,i}^{Bmm}$,

не более заданного её значения $t_{зад}$,

$$P(t_{n_i,j,u} + \tau_{n_i,j,u}) > t_{n_i}^{Bmm} \leq t_{зад}.$$

Решение задачи синтеза функциональной структуры пассажирского терминала аналитическими методами позволяет определить рациональную структуру и пути поэтапной реализации принятой стратегии. В противном случае выбор рациональной структуры состоит из следующих основных этапов:

- выбор критериев для оценки вариантов построения структуры;
- определение перечня возлагаемых задач на технические средства, здания, сооружения и персонал;
- перечисление априори рациональных вариантов распределения функциональных задач по узлам терминала с учетом ограничений;
- выбор технических средств, зданий и сооружений, динамики функционирования узлов пассажирского терминала;
- определение значения критериев для альтернативных вариантов структурного построения;
- корректировка возникающих проблем с подбором и распределением по узлам ответственности выбранных технических устройств;
- определение наиболее рациональной структуры построения пассажирского терминала, для которой оценки критерия принимают экстремальное значение (min или max).

При решении данной части задачи следует учитывать непрерывное изменение внешних условий по отношению к пассажирскому терминалу. Поэтому он должен обладать способностью к адаптации – способностью строить функционально-экономическую деятельность в соответствии с изменившимися требованиями. Это напрямую связано с прогнозом пассажиропотоков, а точнее с количеством отправленных или перевезенных пассажиров, выполняемом методом использования трендовых индексов по отношению к показателю «перевезено пассажиров», который непосредственно используется в расчётах и имеет следующий вид:

$$a_j^{пл} = \beta_{a/j}^{тр} a_j^{t-3}$$

где $\beta_{a/j}^{тр}$ – трендовый индекс смены показателя «Количество отправленных пассажиров» по j -му виду сообщения за последние три года; a_j^{t-3} – количество отправленных пассажиров по j -му виду сообщения за базовый период.

Трендовый показатель включает следующие факторы и индексы:

- геополитических условий (γ), которые складываются на перспективный период планирования (от 1 до 3 лет) – ограничение или расширение въезда/выезда граждан в Республику Беларусь, расширение миграционных процессов населения внутри страны, въезд иностранных граждан с целью туризма и отдыха (по данным миграционной и пограничной служб);
- платежеспособности населения (ϕ), желаемой тенденцией развития которой является увеличение или снижение значений (принимается из заданий Совета Министров Республики Беларусь на индексацию по перспективному росту доходов населения страны по разным категориям граждан);
- состояния сервиса выполнения пассажирских перевозок (ν);
- эффективности рекламной деятельности (δ);
- тарифной политики (μ) – принимается из прогноза Белорусской железной дороги по тарифам на виды пассажирских перевозок на год планирования (отчета);
- периодичности перевозок (ω).

Интегрированный трендовый индекс смены показателя количества перевезенных пассажиров по j -му виду сообщения рассчитывается в интегрированном виде

$$\beta_{a/j}^{тр} = \sqrt{\frac{\beta_{a(\gamma, \phi, \nu, \delta, \mu, \omega)}^{тр} \cdot a_j^{t-2/t-1}}{a_j^{баз}}}, \text{ mid}(a_j^{t-2}; a_j^{t-1}; a_j^{баз})$$

где $\gamma, \phi, \nu, \delta, \mu, \omega$ – трендовые индексы за базовый период и с учетом факторов.

При этом индексы факторов платежеспособности и тарифной политики принимаются отрицательными числами. Динамика влияния трендовых показателей не является однозначной для каждого вида сообщения (рисунок 7).

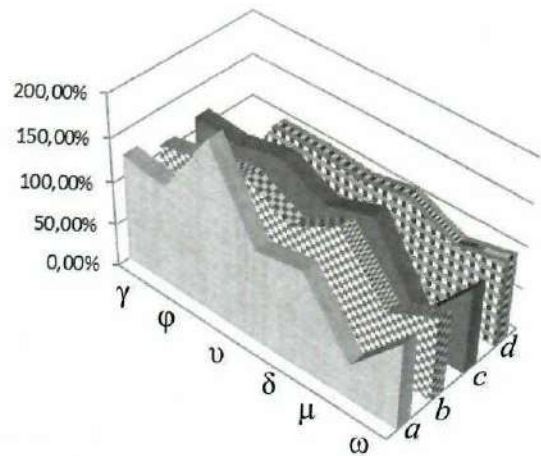


Рисунок 7 – Динамика влияния трендовых показателей при формировании плана отправления пассажиров: по видам сообщений: а – международному; б – межрегиональному; с – региональному; d – городскому; по трендовым показателям: γ – геополитическому; φ – платежеспособности; ν – уровню сервиса; δ – эффективности рекламы; μ – тарифной политики; ω – периодичности перевозок

Для каждой задачи, реализуемой при обслуживании пассажиров на терминале и имеющей определенные расходы $E_i, i = \overline{1, n}$, нужно определить алгоритмы решения, входные и выходные денежные потоки, а также привести оценку технологических операций (на уровне себестоимости), необходимых для реализации алгоритмов.

На основании имеющихся данных о задачах обслуживания пассажиров на терминале и алгоритмах их решения проведен анализ каждого алгоритма для определения требований к качеству их реализации и необходимым техническим средствам (рисунок 8).

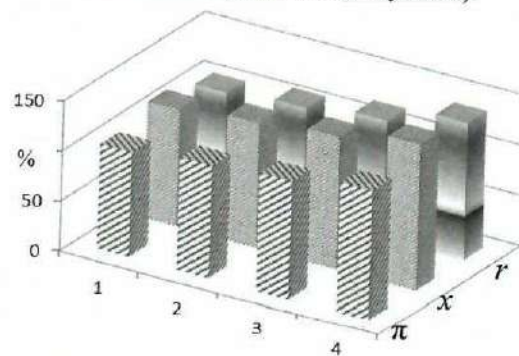


Рисунок 8 – Динамика показателей качества услуг пассажирского терминала при реализации алгоритма реформирования: по этапам (1, 2, 3, 4); по показателям: эффективности (π); использования КТС (x); ресурсу (r)

При формировании структуры технических средств и сооружений подлежат определению возможные варианты решаемых задач экономического характера $E_i, i = \overline{1, n}$ и по узлам обслуживающей подсистемы $S_{ВЕТ} \leftrightarrow S_{ЕКЕ}$. При этом нет необходимости в переборе всех возможных вариантов получаемого распределения, а следует ограничиться только теми, рассмотрение которых определяется заданными ограничениями и практическими или экономическими соображениями.

При распределении задач создания дополнительных подсистем обслуживания пассажиров на терминале или упразднении существующих необходимо учитывать, что результативность достигается в основном по итогам

перспективного и текущего планирования. Создание дополнительных подсистем на терминале направлено на поддержание качественных и количественных характеристик в заданных пределах. Тогда при постановке общей функциональной задачи построения структуры пассажирского терминала необходимо выделить несколько частных задач, определяющих общую направленность действий. К ним отнесены частные критерии на реализацию задач системой:

минимизация затрат на реализацию задач

$$\min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J W_{ij} x_{ij} \rightarrow 1,$$

где $i = \overline{1, I}$ – множество задач, реализуемых системой управления; $j = \overline{1, J}$ – множество звеньев системы управления; W_{ij} – затраты на реализацию i -й задачи в j -м звене; $x_{ij} = 1$, если i -я задача выполняется в j -м звене и $x_{ij} = 0$ – в противном случае;

минимизация общего времени решения всех задач пассажирским терминалом

$$\min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J t_{ij} x_{ij} \rightarrow t_{\text{норм}}.$$

Минимизация общего времени решения задач сервисного обслуживания пассажиров связана с регламентом работы пассажирского терминала: круглосуточно, в дневное время или по периодам суток. С этим также связан регламент подсистем терминала, обеспечивающего характера функционирования: автостоянки, пункты питания, отдыха, залы ожидания.

Оптимизация функционирования пассажирского терминала по более сложным критериям предусматривает получение максимального дохода либо прибыли (при акционировании или частно-государственном партнёрстве), обеспечения требуемого уровня готовности подсистем к решению сервисных задач.

При оптимизации учитываются ограничения:

– на связи между сервисными задачами и получаемыми расходами на их решение при полном цикле сервисного обслуживания пассажиров на терминале (по выполнению поездки):

$$\partial_E = [S_{\text{ВЕТ}} (S_{\text{EXE } j} E_{A, j})];$$

– обеспечение взаимосвязей между звеньями предоставления услуг пассажиру:

$$G_a = [S_{\text{ВЕТ}} (S_{\text{EXE } j} E_{A, j})];$$

– реализацию задач пассажирского сервиса:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J E_{ij} x_{ij} \leq E_{\text{БМН}};$$

– реализацию частных функциональных задач в подсистемах терминала:

$$\sum_{i=1}^I E_{ij} x_{ij} < \sum E_i^{\text{БМН}}, \quad j = \overline{1, J};$$

– загрузку каждого элемента терминала

$$\sum_{i=1}^I H_i t_{ij} x_{ij} < \rho_j, \quad j = \overline{1, J};$$

где H_i – интенсивность поступления i -й задачи на решение (исполнение).

Существует также правило, что каждая подсистема терминала должна решать свои функциональные задачи

самостоятельно, но в интеграции с общей задачей терминала, что является привлекательным для пользователей его услугами.

С учетом всех критериев формируется бюджет терминала – сбалансированность его расходов и доходов в зависимости от поставленных задач и с учетом этапов принимаемых и реализуемых заявок комплексного обслуживания пассажира на терминале (рисунок 9).

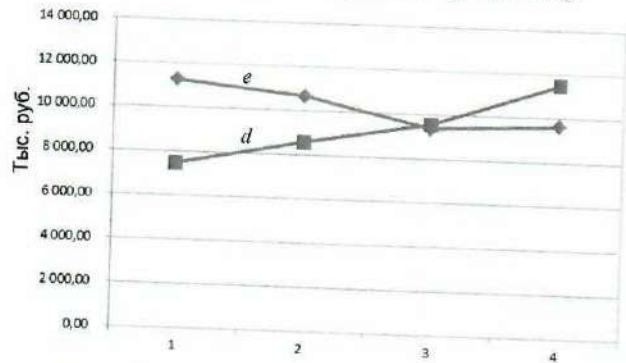


Рисунок 9 – Динамика расходно-доходных изменений пассажирского терминала при влиянии системообразующих параметров:

по этапам – 1, 2, 3, 4; d – доходам; e – расходам

Возможны дополнительные требования к равномерности загрузки звеньев:

– на общее время решения всех задач:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J t_{ij} x_{ij} < T;$$

– время решения отдельных задач:

$$\sum_{j=1}^J t_{ij} x_{ij} < \tau_j, \quad i = \overline{1, I}.$$

Обычно существует также условие, что каждая система должна решаться только в одном звене системы:

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} < 1, \quad i = \overline{1, I}.$$

Доходная составляющая от функциональной деятельности пассажирского терминала включает

$$D_{\text{Ф.Д}}^{\text{п.т}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J d_{ij} \geq E_{\text{Ф.Д}}^{\text{п.т}}.$$

Доходы пассажирского терминала поступают от функциональной деятельности: кассового обслуживания пассажиров, в т. ч. с использованием информационных технологий; использования перронных путей и пассажирских платформ при обслуживании транспортных средств перевозчиков; услуг автостоянки; краткосрочного отдыха, услуги гостиницы; пунктов питания; аренды площадей для торговли; пункты развлечений; пунктов для проведения конференций, проведение краткосрочных международных совещаний и переговоров (особенно на пограничных станциях, когда пересечение границы официально не происходит) и т. д.

В практике развития пассажирских услуг на терминалах сформировались новые направления. Одним из них является использование действующих вокзалов с расширением функциональных видов деятельности и ограничением тех услуг, которые теряют актуальность у пассажиров (характерно для стран Европы, в городах

которых вокзалы имеют историческое и архитектурное значение). Распределение получаемых доходов от видов деятельности показано на рисунке 10.

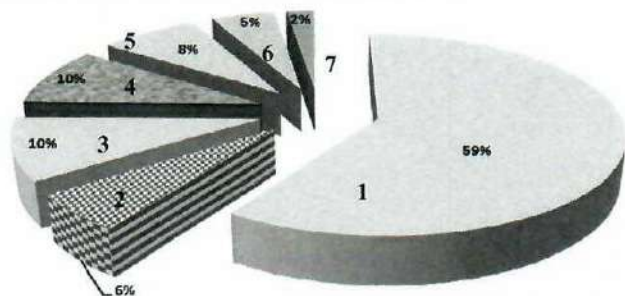


Рисунок 10 – Диаграмма распределения доходной составляющей по видам деятельности на существующих вокзалах: 1 – билетно-кассовые операции; 2 – услуги перронов; 3 – услуги автостоянки; 4 – гостиница; 5 – ресторация; 6 – торговля; 7 – проведение совещаний

Из приведенной на рисунке 8 диаграммы видно, что на действующих вокзалах билетно-кассовые операции составляют 59 % доходной составляющей. С приходом информационных технологий в эту функциональную деятельность пассажирских терминалов они стали нести значительные убытки.

Вторым направлением является вынос вокзалов за городскую черту с интеграцией их функций для нескольких видов транспорта и строительство современных пассажирских терминалов (рисунок 11).



Рисунок 11 – Современный пассажирский терминал

Из рисунка видно, что понятие вокзала носит новый системный принцип пассажирского терминала с новым функциональным и финансовым наполнением.

В городах с исторической застройкой проводится строительство на месте существующих современных пассажирских терминалов с интеграцией железнодорожного, автомобильного и городского транспорта. На новых пас-

Получено 26.02.2018

A. A. Mikhalchenka, T. A. Vlasuk, Ya. S. Cunitski. Selection of system-performing parameters of the terminal services.

The urgent problems of scientific and methodical support of optimal development and functioning of passenger terminals as components of transport systems of large agglomerations and regions are considered. The main theoretical provisions for substantiating the measures for the effective development of passenger terminals are given, taking into account their transfer to full payback due to the use of modern technologies and investments.

сажирских терминалах билетно-кассовые операции составляют в доходах только 10 % (рисунок 12). Однако другие виды деятельности, сопутствующие пассажирским услугам на терминале, значительно возросли. Существенно востребованы услуги предприятий питания, автостоянки, торговли, гостиницы.

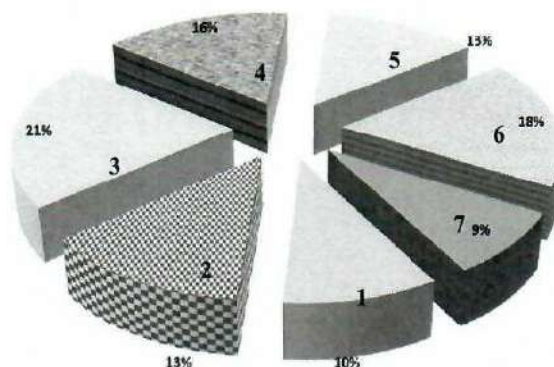


Рисунок 12 – Диаграмма распределения доходной составляющей по видам деятельности современного пассажирского терминала: 1 – билетно-кассовые операции; 2 – услуги перронов; 3 – услуги автостоянки; 4 – гостиница; 5 – ресторация; 6 – торговля; 7 – проведение совещаний

Выводы:

1 Пассажирские терминалы на видах транспорта являются частью логистической системы пассажирских перевозок и функционируют под влиянием ряда системообразующих факторов.

2 В зависимости от значений системообразующих факторов определяются объемы транспортного обслуживания пассажиров на начальной и конечной стадиях их поездки.

3 С учетом целей, стоящих перед пассажирскими терминалами, определяются их задачи, функциональная структура, бюджетирование, учитывающее их безубыточную работу.

Список литературы

- 1 Основы теории транспортных систем и процессов : учеб. пособие / А. А. Михальченко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 382 с.
- 2 Власюк, Т. А. Пригородные пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь. (ретроспектива и развитие) : [монография] / Т. А. Власюк, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 201 с.
- 3 Гизатуллина, В. Г. Анализ хозяйственной деятельности железнодорожной отрасли. Практикум : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2006. – 232 с.
- 4 World Bank Report for 2016. Section transport, 406. P. 3.

УДК 656.211.5 : 656.223.1/2

Е. Н. ПОТЫЛКИН, научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПРИВАТНЫХ ВАГОНОВ

Особую актуальность в условиях увеличения доли частных вагонов в общем парке приобретают задачи выбора оптимальных режимов взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта, что требует разработки возможных вариантов организации их работы и погашения неравномерности. Выполнена оценка издержек по каждому из них, на основании которой даны рекомендации о применении оптимального режима взаимодействия в зависимости от рода перевозимого груза, условий обеспечения его сохранности, стоимости перевозки и т. д.

Наблюдаемый в настоящее время рост парка частных вагонов сопровождается увеличением числа собственников подвижного состава. Организацию работы по использованию частных вагонов осуществляют компании-операторы, либо экспедиторские организации, а инвентарных – диспетчерский аппарат. При этом экспедиторы, учитывая интересы собственников подвижного состава, выполняют поиск наиболее доходного груза для перевозки.

В случае несогласования тарифа за перевозку груза вагон выбывает из оборота и находится в простое на железнодорожном пути общего либо необщего пользования. При временном размещении частных перевозочных средств собственник подвижного состава несет затраты, которые компенсируют владельцу инфраструктуры занятие железнодорожного пути. Возникает ситуация, при которой вагон, можно сказать, «не движется», соответственно собственник подвижного состава не получает прибыли. А как известно, основным показателем работы частного вагона является доходность в единицу времени, поэтому владелец перевозочного средства заинтересован в его предоставлении в пользование для различных целей или в аренду. Например, использовать вагоны, находящиеся во временном размещении на железнодорожном пути необщего пользования, для погашения неравномерности их поступления. Поэтому открытым остается вопрос целе-

сообразности предоставления вагонов в пользование для различных целей или в аренду для отправителей, получателей, поскольку в таком случае появляется возможность содержать меньшие складские площади.

Для исследования взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта разработаны технологические схемы продвижения вагонопотока, начиная от железнодорожной станции примыкания до грузового фронта пути необщего пользования при различных вариантах организации работ по погрузке продукции. Пример одной из таких схем, когда готовая продукция поступает сначала на склад, а затем в вагон при детерминированном режиме работы, представлен на рисунке 1.

На рисунке 2 представлена схема продвижения вагонопотока при недетерминированном режиме работы системы для случая, когда произошла задержка передачи вагонов со станции примыкания на время $t_{\text{зад}}$, а для погашения неравномерности их поступления используется частный подвижной состав, находящийся во временном размещении. Ввиду того, что с вагонами, прибывшими в составе задержанной передачи, необходимо выполнить операции обработки по прибытии, а на грузовом фронте в момент заказа уже необходимо выполнять подачу вагонов, то происходит подача подвижного состава, находившегося во временном размещении.

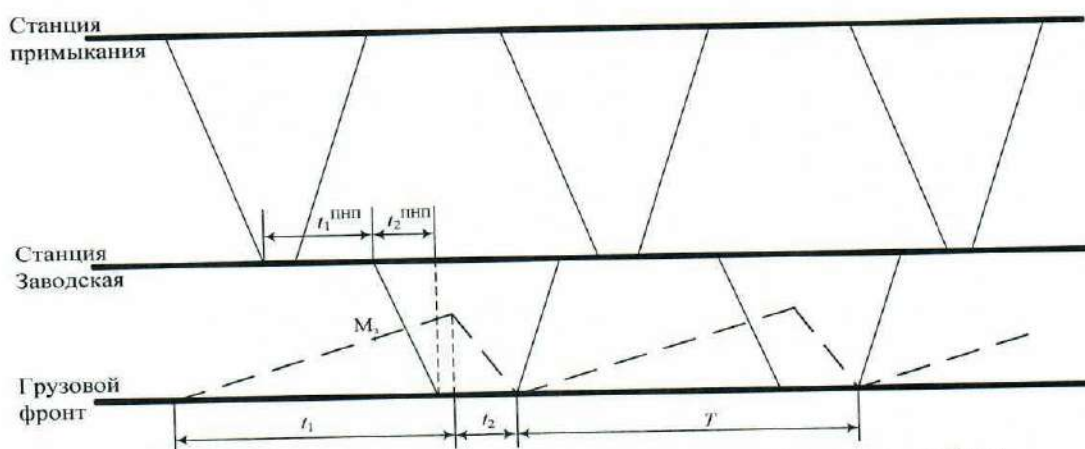


Рисунок 1 – Схема продвижения вагонопотока при детерминированном режиме работы:
— — — — — подача, уборка вагонов; - - - - - накопление и погрузка груза в вагоны

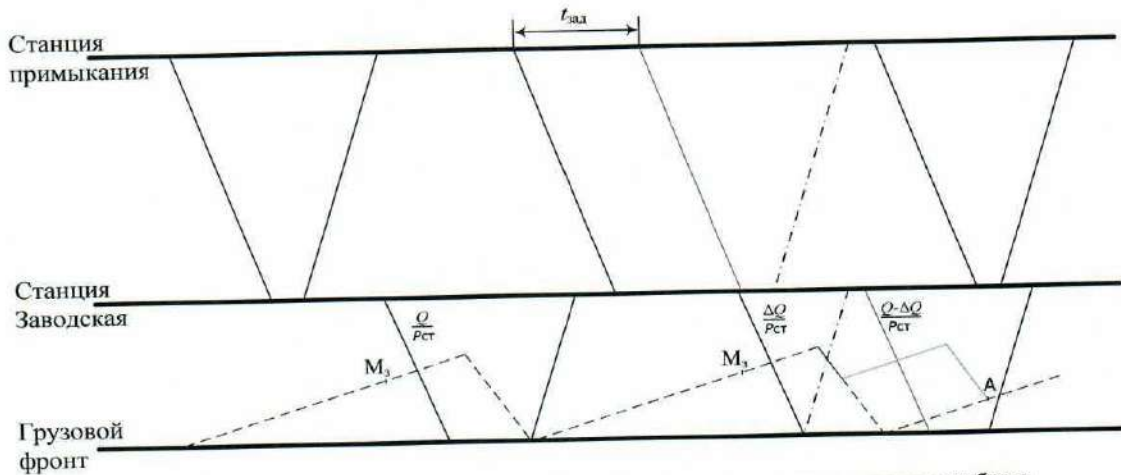


Рисунок 2 – Схема продвижения вагонопотока при недетерминированном режиме работы:
 ———— — подача-уборка вагонов; - - - - - накопление и погрузка груза; ····· — холостой рейс локомотива

Как видно из рисунка 2, изменение условий работы вызвало необходимость выполнения дополнительной маневровой работы, которая определяется по формуле

$$t_{\text{дмр}} = t_{\text{сорт}}^{\text{дмр}} + t_{\text{под}}^{\text{дмр}} + t_{\text{хр}}^{\text{дмр}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{сорт}}^{\text{дмр}}$ – продолжительность сортировки временно размещенных частных вагонов на состав подачи, мин; $t_{\text{под}}^{\text{дмр}}$ – продолжительность подачи вагонов на фронт, мин; $t_{\text{хр}}^{\text{дмр}}$ – продолжительность холостого рейса маневрового локомотива с грузового фронта, мин.

Продолжительности подачи вагонов на фронт, холостого рейса маневрового локомотива с грузового фронта определяются в соответствии с формулой полурейса

$$t_{\text{п/р}} = (\alpha_{\text{рт}} + \beta_{\text{рт}} m) \frac{v}{2} + 0,06 \frac{l_{\text{п/р}}}{v}, \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{рт}}$ – коэффициент, учитывающий время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч при разгоне, и время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч при торможении, $\alpha_{\text{рт}} = 0,0407$ мин/(км/ч); $\beta_{\text{рт}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные изменения скорости движения, приходящиеся на один вагон в маневровом составе, на 1 км/ч при разгоне и дополнительное изменение скорости движения, приходящиеся на один вагон в маневровом составе, на 1 км/ч при торможении, $\beta_{\text{рт}} = 0,0017$ мин/(км/ч); m – количество вагонов в составе; v – допустимая скорость движения при маневрах, км/ч; $l_{\text{п/р}}$ – длина полурейса, м [4].

Выполнение дополнительной маневровой работы вызывает увеличение затрат, связанных с работой локомотивов, которые необходимо учитывать при обосновании выбора режима взаимной работы магистрального и промышленного железнодорожного транспорта.

Происходящее в настоящее время развитие рынка транспортных услуг постепенно приводит к клиентоориентированности процессов производства, доставки, реализации продукции. Поэтому взаимодействие же-

лезнодорожных станций и мест необщего пользования следует рассматривать с позиции грузовладельца, которого интересуют затраты, связанные с перевозкой продукции, начиная от пункта накопления и заканчивая пунктом потребления. Следовательно, взаимодействие грузового фронта, станции Заводская и станции примыкания целесообразно исследовать в рамках логистической схемы доставки продукции (рисунок 3) [3].

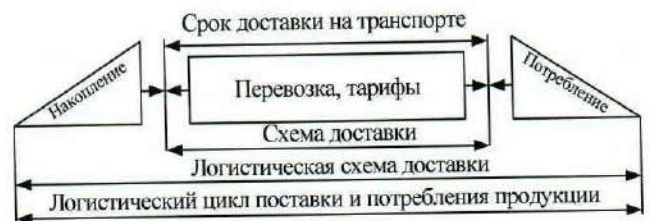


Рисунок 3 – Логистическая схема доставки продукции

При таком подходе учитываются основные принципы логистических систем: учет совокупных логистических издержек; глобальная оптимизация и интеграция; системный подход; использование теории компромиссов; моделирование и информационно-компьютерная поддержка; устойчивость и адаптивность. Издержки грузовладельца в пределах логистической схемы доставки продукции можно объединить в отдельные группы:

- возникающие в пункте отправления;
- возникающие в процессе взаимодействия мест необщего пользования и станций примыкания;
- возникающие в пути следования;
- возникающие в пункте назначения.

Исходя из интересов грузовладельца сумма представленных издержек, приходящихся на одну тонну груза, должна стремиться к минимуму. Таким образом, получена целевая функция, после дифференцирования которой выведены формулы для расчета среднего интервала между подачами вагонов на грузовые фронты. В таблице 1 представлены полученные зависимости для различных способов погрузки грузов.

Таблица 1 – Оптимальная величина среднего интервала между подачами вагонов к грузовым фронтам

Способ погрузки груза из производств в вагон	Расчетная формула	Условные обозначения
Через склад (не по прямому варианту)	$T = \sqrt{\frac{C_{пр} N_{пр}}{60} \left(\frac{3\alpha_{пр} v_1}{2\lambda} + \frac{0,18I_{пр1}}{v_1 \lambda} + \frac{2AN_{пр}}{\lambda} + \frac{1,73}{\lambda} \alpha_{пр} v_2 + \frac{0,06I_{пр2}}{v_2 \lambda} + W_1 \right) + \frac{b_p L}{\lambda}};$ $T = \sqrt{\frac{C_{сп}}{2} \left[1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 + \frac{q_5}{P_{ст}} \left[1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 + \frac{\lambda}{2q_5} \right] + W_2 + W_3 + W_4 \right]}$ $W_1 = \frac{24}{P_{ст}} \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) \left(\frac{\beta_{пр} v_1}{2} + BN_{пр} \right);$ $W_2 = \frac{\Pi K_{инф}}{24I_{ос}} \left[\frac{\beta_{пр} \lambda v_1}{120P_{ст}} + \frac{0,18N_{пр} \lambda}{60P_{ст}} + 1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) + \frac{\beta_{пр} N_{пр} \lambda^{1,2}}{120P_{ст}} \right];$ $W_3 = \left[\frac{1,377}{24 \cdot 365} \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 \right] \left[\frac{e_{сст} g K_{пр}}{P} + e_{жст} I_{вар} + e_{ст} \right];$ $W_4 = \left[1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 \right] \frac{C_{ст}}{P_{ст}}$	<p>$C_{пр}$ – стоимость 1 локомотиво-часа работы маневрового локомотива, ден.ед./лок.ч; $N_{пр}$ – количество работающих на пути необщего пользования маневровых локомотивов; λ – интенсивность производства продукции, т/ч; $P_{ст}$ – статическая нагрузка вагона, т/ваг.; b_p – коэффициент, учитываемый при расчете платы за перевозку грузов; L – расстояние перевозки, км; $C_{сп}$ – плата за хранение 1 тонны груза в течение 1 часа, ден.ед./т.ч; q_5 – эксплуатационная производительность погрузочных устройств, т/ч; $C_{пр}$ – стоимость вагоно-часа простоя, ден.ед./ваг.ч; Π – стоимость 1 тонны груза, ден.ед./т; $K_{инф}$ – коэффициент инфляционных ожиданий; $T_{об}$ – период оборачиваемости оборотных средств, сут; $e_{сст}$ – стоимость строительства 1 м² склада, ден.ед./м²; g – ускорение силы тяжести; $K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий площадь складских проездов, зависящий от применяемых средств механизации; P – допустимое давление на 1 м² полезной площади склада, кН/м²; $e_{жст}$ – стоимость укладки одного метра железнодорожного пути, ден.ед./м; $I_{вар}$ – средняя длина вагона, обрабатываемого на пути необщего пользования, м/ваг.; $e_{ст}$ – стоимость одного вагона, ден.ед./ваг.; $C_{ст}$ – плата за занятие железнодорожного пути одним вагоном в течение 1 часа, ден.ед./ваг.ч;</p>
По прямому варианту	$T = \sqrt{\frac{C_{пр} N_{пр}}{60} \left(\frac{3\alpha_{пр} v_1}{2\lambda} + \frac{0,18I_{пр1}}{v_1 \lambda} + \frac{2AN_{пр}}{\lambda} + \frac{1,73}{\lambda} \alpha_{пр} v_2 + \frac{0,06I_{пр2}}{v_2 \lambda} + W_1 \right) + \frac{b_p L}{\lambda}};$ $T = \sqrt{\frac{C_{сп}}{2} \left[1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 + \frac{C_{пр}}{P_{ст}} \left[1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 \right] + W_2 + W_3 + W_4 \right]}$	
Через промежуточные склады	$T = \sqrt{\frac{C_{сп}}{2} \left[1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 + \frac{q_5}{\lambda + q_5} \left[\frac{C_{пр}}{P_{ст}} \left[1,377 \left(\frac{1,169}{\lambda} - 0,0012\lambda + 0,948 \right) - 1 + \frac{\lambda}{2q_5 + 2\lambda} \right] + W_2 + W_3 + W_4 \right] \right]}$	

Таблица 2 – Параметры работы железнодорожных путей общего пользования

Предприятия и их подразделения	Номер пути	Груз	Фактические значения параметров		Расчетные оптимальные значения параметров по вариантам											
			Средний интервал между подачами, ч		Средняя величина подачи, вагонов/подачу						Средний интервал между подачами, ч					
			Средняя величина подачи, вагонов/подачу	Средний интервал между подачами, ч	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
ОАО «Беларуськалий»	6	Гранулированные удобрения	9,57	3,43	26,79	26,77	24,47	18,65	21,13	17,04	9,60	9,58	8,77	6,68	7,57	6,10
	37	Техсоль, галит	4,4	4,8	6,47	6,45	7,22	2,46	3,37	2,06	7,06	7,04	7,87	2,68	3,67	2,25
	38	Техсоль, галит	3,8	4,8	5,83	5,81	6,56	2,21	3,03	1,86	7,37	7,35	8,28	2,80	3,83	2,35
	39	Техсоль, галит	7,0	24,0	3,14	3,11	3,67	1,16	1,60	0,97	10,76	10,74	12,59	3,96	5,47	3,32
	40	Мелкие удобрения	4,17	4,0	7,02	7,0	7,83	2,78	3,79	2,34	6,74	6,71	7,52	2,67	3,64	2,25
	41	Мелкие удобрения	4,17	4,0	7,02	7,0	7,83	2,78	3,79	2,34	6,74	6,71	7,52	2,67	3,64	2,25
	18	Пищевая соль	3,0	24,0	1,54	1,52	1,95	0,60	0,83	0,50	12,34	12,31	15,58	4,77	6,61	3,99
	43	Тукосмеси	3,0	24,0	1,57	1,55	1,98	0,65	0,9	0,55	12,58	12,56	15,85	5,24	7,20	4,40
	3	Мелкие удобрения	6,75	6,0	7,31	7,3	7,82	2,80	3,81	2,35	6,50	6,45	6,95	2,48	3,38	2,09
	4	Мелкие удобрения	7,0	24,0	3,07	3,05	3,53	1,14	1,57	0,96	10,52	10,5	12,10	3,91	5,39	3,28
	5	Гранулированные удобрения	8,4	4,8	10,50	10,50	10,72	4,21	5,66	3,56	6,00	6,00	6,12	2,40	3,23	2,03
	ба	Гранулированные удобрения	8,4	4,8	10,50	10,50	10,72	4,21	5,66	3,56	6,00	6,00	6,12	2,40	3,23	2,03
	1	Гранулированные удобрения	7,0	3,0	15,64	15,61	15,86	7,00	9,23	5,96	6,70	6,67	6,80	3,00	3,96	2,55
	2	Мелкие удобрения	8,5	3,0	28,49	28,48	26,19	25,77	25,99	25,58	10,06	10,04	9,24	9,10	9,17	9,03
	34	Комплексные удобрения	2,2	4,8	3,94	3,92	5,08	1,58	2,19	1,33	8,60	8,60	11,09	3,45	4,78	2,89
	14	Гранулированные удобрения	1,4	4,8	2,87	2,85	3,35	1,13	1,55	0,95	9,84	9,81	11,49	3,88	5,31	3,25
	8	Мелкие удобрения	8,14	3,43	16,77	16,75	16,89	7,35	9,72	6,25	7,06	7,04	7,11	3,10	4,09	2,63
	9	Мелкие удобрения	8,14	3,43	16,84	16,83	16,36	7,12	9,42	6,06	7,09	7,07	6,89	3,00	3,96	2,55
	23	Техсоль, галит	5,0	6,0	5,89	5,88	6,52	2,21	3,03	1,85	7,07	7,05	7,82	2,65	3,63	2,22
	24	Техсоль, галит	4,5	6,0	5,48	5,47	6,10	2,05	2,82	1,72	7,30	7,27	8,14	2,74	3,76	2,30
	32	Хлорид калия в мешках	1,0	24,0	0,76	0,75	1,06	0,28	0,39	0,23	18,25	18,22	25,47	6,72	9,42	5,60
5	Цемент навалом	6,0	8,0	4,01	4,0	4,56	1,69	2,29	1,42	5,34	5,31	6,08	2,25	3,05	1,89	
6	Цемент навалом	6,0	8,0	4,01	4,0	4,56	1,69	2,29	1,42	5,34	5,31	6,08	2,25	3,05	1,89	
29	Цемент навалом	5,5	6,0	4,53	4,51	5,11	1,94	2,62	1,64	4,95	4,94	5,57	2,11	2,86	1,78	
30	Цемент навалом	5,5	6,0	4,53	4,51	5,11	1,94	2,62	1,64	4,95	4,94	5,57	2,11	2,86	1,78	
9	Цемент в таре	3,5	12,0	2,63	2,62	3,24	1,19	1,62	1,00	9,01	9,0	11,12	4,08	5,44	3,44	
31	Цемент в таре	3,5	12,0	2,60	2,6	3,16	1,16	1,58	0,98	8,93	8,91	10,85	3,98	5,40	3,35	
13	Сульфат аммония	2,0	4,0	6,16	6,15	11,95	1,76	2,53	1,46	12,32	12,30	23,90	3,52	5,07	2,91	
2	Прочие	1,0	4,0	4,16	4,15	6,44	1,28	1,82	1,06	16,63	16,6	25,75	5,11	7,28	4,24	
11	Карбонид	2,67	4,0	8,16	8,15	24,80	2,58	3,74	2,13	12,24	12,22	37,20	3,88	5,61	3,20	
15	Сульфат аммония	1,0	4,0	3,12	3,1	3,93	1,26	1,74	1,06	12,47	12,45	15,72	5,05	6,96	4,23	
16	Капролактам	1,0	24,0	0,87	0,85	1,21	0,31	0,43	0,25	20,79	20,74	29,15	7,34	10,32	6,11	
305	Капролактам	1,0	6,0	2,37	2,34	2,96	0,96	1,33	0,81	14,19	14,16	17,79	5,78	7,96	4,85	
401	Аммиак жидкий	1,0	6,0	2,68	2,65	3,34	1,05	1,45	0,88	16,08	16,05	20,05	6,31	8,72	5,29	
403	Карбонид	4,0	4,0	10,81	10,78	20,13	3,64	5,21	3,02	10,81	10,78	20,13	3,64	5,21	3,02	
404	Карбонид	1,0	3,43	3,08	3,06	4,03	1,33	1,82	1,11	10,57	10,55	13,82	4,54	6,25	3,81	
412	КАС	5,33	8,0	3,46	3,45	4,15	1,87	2,46	1,59	5,20	5,20	6,23	2,80	3,69	2,39	
413	КАС	5,0	8,0	3,60	3,6	4,30	1,95	2,56	1,66	5,76	5,75	6,88	3,12	4,10	2,66	
415	Метанол	1,0	4,8	2,82	2,81	3,53	1,13	1,56	0,95	13,55	13,53	16,94	5,43	7,49	4,55	

Результаты расчетов длины путей сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Длина железнодорожных путей для размещения порожнего частного подвижного состава, м

Путь необщего пользования	Фактическая длина	Потребная расчетная длина путей по вариантам			
		3	4	5	6
1РУ ОАО «Беларуськалий»	1421	1565	1454	1474	1446
2РУ ОАО «Беларуськалий»	1371	1642	1572	1585	1556
3РУ ОАО «Беларуськалий»	1181	1529	1505	1510	1503
4РУ ОАО «Беларуськалий»	3074	1985	1919	1932	1913
ОАО «Белорусский цементный завод»	440	1357	1292	1305	1286
ОАО «Гродно Азот»	4413	2078	1729	1768	1712

Анализ таблицы 3 показал, что потребная расчетная оптимальная длина путей для временного размещения вагонов не превышает наличной для ОАО «Гродно Азот» и 4-го рудоуправления ОАО «Беларуськалий». Для остальных исследуемых путей необщего пользования имеющегося в наличии путевого оснащения не хватит для организации эффективного взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта при условии погашения неравномерности использованием запаса порожних вагонов. В этом случае необходимо проведение расчетов по определению целесообразности увеличения путевого развития мест необщего пользования, либо временного размещения частного подвижного состава на путях общего пользования.

Выполнен расчет издержек по каждому из рассмотренных случаев погашения неравномерности, а также затрат по реальным (наличным) параметрам. В результате сравнения издержек в пределах схемы доставки грузов, приходящихся на одну тонну продукции, для наличных и расчетных параметров по вариантам установлено, что:

- для вариантов 1, 3 по всем фронтам издержки меньше при расчетных параметрах;
- для вариантов 2, 4, 5, 6 по всем фронтам издержки меньше при наличных параметрах.

После сравнения издержек при расчетных параметрах относительно 1-го варианта получено, что:

- для вариантов 2, 4, 5, 6 издержки больше;
- для варианта 3 издержки меньше.

Исходя из полученных результатов для рассмотренных грузовых фронтов промышленных организаций можно сделать вывод о том, что для вариантов, где тре-

буются капитальные вложения, расчетные издержки превысили наличные, а при отсутствии необходимости инвестирования средств издержки оказались наименьшими при погашении неравномерности временно размещенными вагонами.

Обобщая представленный материал, можно сделать следующие выводы.

1 Современный этап развития железнодорожного транспорта характеризуется увеличением доли частных вагонов в общем потоке, что особенно обостряет проблему их временного размещения на железнодорожных путях, а также ставит вопрос о целесообразности организации работы на путях необщего пользования с использованием запаса порожних вагонов для реагирования на оперативные изменения условий работы.

2 Для условий Республики Беларусь возможны следующие варианты погрузки грузов из производства в перевозочные средства: 1) в склад, затем в вагон; 2) по прямому варианту из производства в вагон; 3) из производства в промежуточную емкость, затем в вагон.

3 Для указанных случаев погрузки груза из производства в вагон рассмотрены различные варианты погашения неравномерности с использованием складских емкостей, временно размещенных вагонов.

4 На основании выполненных расчетов для рассмотренных в работе грузовых фронтов установлено, что для вариантов, где требуются капитальные вложения, расчетные издержки превысили наличные. При отсутствии необходимости инвестирования средств издержки оказались наименьшими при погашении неравномерности временно размещенными вагонами.

Список литературы

- 1 Григорюк, В. Ф. Оптимизация взаимодействия пунктов погрузки и выгрузки вагонов / В. Ф. Григорюк. – М.: Транспорт, 1986. – 79 с.
- 2 Еловой, И. А. Основы коммерческой логистики: учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель: БелГУТ, 2008. – 184 с.
- 3 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).
- 4 Типовой технологический процесс работы сортировочной участковой станции Белорусской железной дороги: СТП БЧ 15-249-2012. – Введ. 2012-12-12. – Минск: Белорусская ж. д., 2012. – 241 с.
- 5 Хусанов, Ф. Оборот вагона – главный миф железных дорог / Ф. Хусанов // Информационное агентство РЖД Партнер.ru [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/oborot-vagona-glavnyi-mif-zheleznykh-dorog>. – Дата доступа: 21.07.2017.

Получено 23.02.2018

E. N. Potylkin. Mutual work of the main and industrial railway transport in the conditions of increase of quantity of private wagons.

Particularly topical in the face of increasing the share of private wagons are the tasks of choosing the optimal modes of mutual operation of the main and industrial railway transport. In this regard, to substantiate the choice of the interaction regime, possible options for organizing work and repaying the unevenness for several industrial organizations are developed. Then, an assessment of the costs for each of them was made, on the basis of which recommendations were given on the application of the optimal interaction mode for the railroad client in accordance with the type of cargo being transported, the conditions for ensuring its safety, the cost of transportation, and so on.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОГО ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ДЛЯ ВРЕМЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРИВАТНЫХ ВАГОНОВ

Особую актуальность в условиях увеличения доли частных вагонов приобретают задачи выбора оптимальных режимов взаимной работы магистрального и промышленного железнодорожного транспорта. В связи с этим для обоснования выбора режима взаимодействия в части распределения частных вагонов, направляемых во временное размещение, между железнодорожными путями общего и необщего пользования необходимо знать требуемую вместимость путей. Разработана методика расчета требуемой длины железнодорожных путей для временного размещения частного подвижного состава в условиях множественности операторов вагонного парка.

В настоящее время условия работы железнодорожного транспорта характеризуются повышением доли вагонов грузоотправителей, грузополучателей в общем потоке. Данное обстоятельство нашло отражение в изменении структуры вагонопотока, поступающего на железнодорожные пути необщего пользования, при обслуживании которого вагоны инвентарного парка имеют приоритет, а частный подвижной состав всё чаще направляется во временное размещение. Большинство грузоотправителей, грузополучателей размещают свой подвижной состав на путях необщего пользования, количества и длины которых зачастую не хватает, что требует строительства новых железнодорожных путей. Для этого надо установить необходимое путевое развитие для временного размещения подвижного состава.

Для определения продолжительности размещения вагонов рассмотрено 2 варианта компенсации неравномерности при организации работы по вывозу продукции с мест погрузки: 1) содержание запаса порожних вагонов; 2) содержание дополнительных складских емкостей. Вагонопоток, следующий передаточными поездками с технической станции в адрес грузовых фронтов, характеризуется интенсивностью поступления вагонов, которые в среднем находятся на пути необщего пользования в течение времени $T_{\text{нак}}$. При этом интенсивность входящего на путь необщего пользования потока равна сумме интенсивностей входящего потока на каждый грузовой фронт. Современные рыночные условия заставляют производство быть клиентоориентированным, поэтому интенсивность производства продукции $\lambda_{\text{п}}$

должна быть равна интенсивности спроса на нее $\lambda_{\text{с}}$. Однако по скоропортящимся и ряду других грузов возможна порча продукции, потери от несохранных перевозок и др. Поэтому среднее предложение, как правило, больше среднего спроса [14, с. 183]. В рассматриваемой модели принимается $\lambda_{\text{п}j} = \lambda_{\text{с}j}$ (рисунок 1).

Поскольку интенсивность поступления вагонов и средняя продолжительность их нахождения на пути необщего пользования являются случайными величинами, они могут отклоняться от своих средних значений. В связи с этим максимальное количество вагонов, которое может поступить на путь необщего пользования, можно определить по формуле

$$m_{\text{max}} = \sum_{j=1}^{N_{\text{гф}}} \lambda_{\text{с}j} T_{\text{нак}} K'_{\text{нер}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{гф}}$ – количество фронтов погрузки на пути необщего пользования,

$$1 \leq N_{\text{гф}} \leq N_{\text{гф}}^{\text{max}}, \quad (2)$$

$N_{\text{гф}}^{\text{max}}$ – общее количество грузовых фронтов на пути необщего пользования; $K'_{\text{нер}}$ – коэффициент неравномерности вагонопотоков на железнодорожных участках,

$$K'_{\text{нер}} = 1 + v_{\text{тп}}, \quad (3)$$

$v_{\text{тп}}$ – коэффициент вариации колебаний транспортного потока.



Рисунок 1 – Схема канала движения ресурсов с использованием железнодорожного транспорта в системе «спрос – предложение»

Продолжительность нахождения вагонов на пути необщего пользования

$$T_{\text{нах}} = \varphi_{\text{ппп}} \theta, \quad (4)$$

где $\varphi_{\text{ппп}}$ – доля оборота вагона, приходящаяся на его нахождение на железнодорожном пути необщего пользования; θ – оборот приватного подвижного состава, ч.

Как видно из рисунка 2, в последние годы заметна тенденция к увеличению $\varphi_{\text{ппп}}$ [4].

Значение коэффициента вариации колебаний транспортного потока определяется в соответствии с [2, с. 163] в зависимости от продолжительности расчетного периода и интенсивности потока.

Из всего числа вагонов во временном размещении будет находиться

$$m = (1 - \rho)m_{\text{max}}, \quad (5)$$

где ρ – коэффициент полезного использования вагона во времени на пути необщего пользования.

$$0 \leq \rho \leq 1. \quad (6)$$

Коэффициент ρ отражает степень полезного использования вагона во времени, то есть если вагон находился на пути необщего пользования в течение некоторого промежутка времени t , то в течение времени $(1 - \rho)t$ вагон находился во временном размещении. Формула (4) применима для 1-го рассматриваемого варианта компенсации неравномерности (наличие запаса порожних вагонов). При этом к числу затрат, вызванных временным размещением подвижного состава, можно отнести: а) затраты на содержание подвижного состава

$Z_{\text{пс}}$; б) затраты, связанные с занятием железнодорожных путей подвижным составом, находящимся в отстое $Z_{\text{от}}$.

В случае, когда для компенсации неравномерности используются дополнительные складские емкости (вариант 2), технология организации работы предполагает возможность образования очередей из групп вагонов, ожидающих обслуживания. При этом в складских емкостях j -го грузового фронта требуется дополнительно хранить накапливающуюся продукцию в объеме

$$\Delta Q_j = n_{\text{гр}}^{\text{оч}} m_{\text{ср}}^{\text{гп}} P_{\text{сг}j}, \quad (7)$$

где $n_{\text{гр}}^{\text{оч}}$ – величина очереди из групп вагонов, групп ваг./очередь; $m_{\text{ср}}^{\text{гп}}$ – число вагонов в группе в составе передачи в адрес j -го грузового фронта, ваг./группа; $P_{\text{сг}j}$ – статическая нагрузка на вагон при перевозке продукции, погруженной на j -м грузовом фронте, т/ваг.

При интенсивности спроса на j -й вид продукции $\lambda_{\text{сг}j}$, ваг./сут, на j -й грузовой фронт за сутки прибывает $\lambda_{\text{сг}j} \cdot I$ вагонов. Данный поток может прибывать в $N_{\text{пер}j}$ передачах. Вероятность прибытия вагонов в передаточных поездах в адрес j -го грузового фронта

$$p_j = \frac{\lambda_{\text{сг}j}}{\sum_{j=1}^{N_{\text{сг}}} \lambda_{\text{сг}j}}, \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{N_{\text{сг}}} p_j = 1. \quad (9)$$

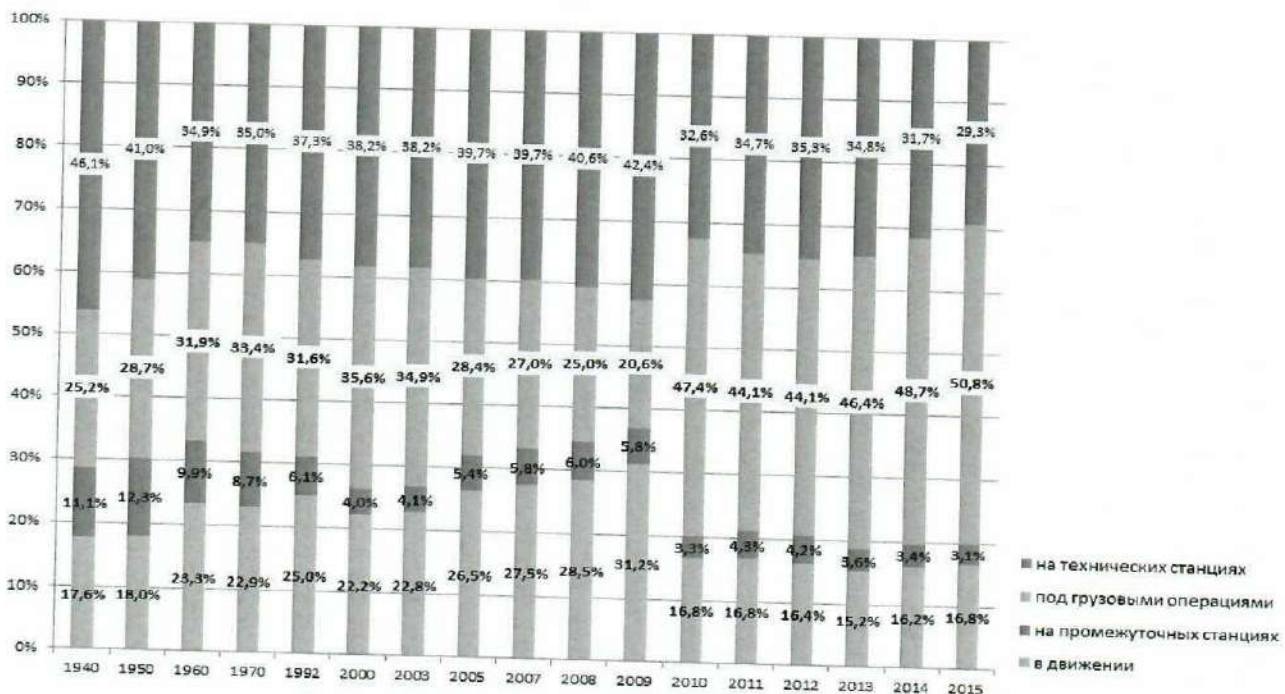


Рисунок 2 – Структура оборота грузового вагона

В таком случае средневзвешенное число передач, в которых прибывают вагоны в адрес j -го грузового фронта, можно определить по формуле

$$N = \sum_{j=1}^{N_{\text{сг}}} i p_{ji}. \quad (10)$$

Следует отметить, что режимы взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта могут различаться в зависимости от продолжительности их работы в течение суток (таблица 1).

Таблица 1 – Режимы взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта

Режим работы		Пути необщего пользования	
		круглосуточный	некруглосуточный
Железнодорожной станции	круглосуточный	Круглосуточный	Некруглосуточный
	некруглосуточный	Некруглосуточный	Некруглосуточный

Если станция и путь необщего пользования взаимодействуют в течение $T_{сут}$ ч/сут, тогда среднее число вагонов в группе в составе передачи в адрес j -го грузового фронта

$$m_{ср}^{грj} = \frac{\lambda_{сj}}{N} \cdot \frac{T_{сут}}{24}, \quad (11)$$

а средневзвешенное количество вагонов в группе для всего пути необщего пользования

$$m_{ср}^{гр} = \sum_{j=1}^{N_{гф}} p_j m_{ср}^{грj} = \sum_{j=1}^{N_{гф}} \frac{\lambda_{сj}}{\sum_{j=1}^{N_{гф}} \lambda_{сj}} m_{ср}^{грj}. \quad (12)$$

При неизменной перерабатывающей способности грузового фронта увеличение $m_{ср}^{гр}$ может повлечь образование очередей из групп вагонов $n_{гф}^{ог}$. Поскольку в качестве требования в рассматриваемой модели выступает группа вагонов в составе передачи в адрес грузового фронта, а обслуживающим устройством является путь необщего пользования, то размер очереди зависит от вероятности отсутствия временного размещения вагонов на железнодорожных путях необщего пользования ρ :

$$n_{гф}^{ог} = \frac{\rho^2 (v_c^2 + v_{обсл}^2)}{2(1-\rho)}, \quad (13)$$

где v_c – коэффициент вариации интенсивности общего спроса на все виды продукции, отгружаемой на пути необщего пользования; $v_{обсл}$ – коэффициент вариации продолжительности нахождения вагонов на пути необщего пользования.

Анализ собранных статистических данных показал, что каждый путь необщего пользования имеет свое значение $v_{обсл}$, которое, как правило, изменяется в пределах от 0,2 до 0,4.

Вместимость дополнительных складских емкостей, выраженная в тоннах для всего пути необщего пользования,

$$\Delta Q = \sum_{j=1}^{N_{гф}} \Delta Q_j. \quad (14)$$

Если выразить через средневзвешенные величины,

$$Q = N_{гф} m_{ср}^{гр} n_{гф}^{ог} P_{ст}, \quad (15)$$

где $P_{ст}$ – средневзвешенная статическая нагрузка на вагон на пути необщего пользования,

$$P_{ст} = \sum_{j=1}^{N_{гф}} p_j P_{стj}. \quad (16)$$

При этом к числу затрат, вызванных привлечением дополнительных складских емкостей можно отнести: а) затраты на хранение грузов в объеме Q ($Z_{хр}$); б) затраты от иммобилизации средств в запасах ($Z_{им}$).

Составлена целевая функция, включающая затраты по вариантам

$$E = Z_{хр} + Z_{им} + Z_{пс} + Z_{сн} \rightarrow \min. \quad (17)$$

Затраты на хранение грузов определяются по формуле

$$Z_{хр} = Q c_{хр} t, \quad (18)$$

где $c_{хр}$ – плата за хранение 1 т груза в течение 1 часа, ден.ед./т·ч; t – период времени, для которого определяются затраты.

Затраты от иммобилизации средств в запасах можно рассчитать следующим образом:

$$Z_{им} = \frac{Q \Pi_{им} i_{им} t}{24 T_{год}}, \quad (19)$$

где $\Pi_{им}$ – стоимость оборотных средств, ден.ед./т; $i_{им}$ – процент по депозиту, 1/год; 24 – количество часов в сутках, ч/сут; $T_{год}$ – количество дней в году, сут/год.

Затраты на содержание подвижного состава

$$Z_{пс} = m c_{пс} t, \quad (20)$$

где $c_{пс}$ – стоимость содержания вагона, ден.ед./ваг·ч.

Затраты, связанные с занятием железнодорожных путей подвижным составом, можно определить по формуле

$$Z_{сн} = m c_{сн} t, \quad (21)$$

где $c_{сн}$ – плата за занятие железнодорожных путей одним вагоном, ден.ед./ваг·ч.

Выражение (18) можно представить следующим образом:

$$E = Q c_{хр} t + \frac{Q \Pi_{им} i_{им} t}{24 T_{год}} + m c_{пс} t + m c_{сн} t \rightarrow \min. \quad (22)$$

$$E = N_{гф} m_{ср}^{гр} P_{ст} \frac{\rho^2 (v_c^2 + v_{обсл}^2)}{2(1-\rho)} \cdot \left(c_{хр} t + \frac{\Pi_{им} i_{им} t}{24 T_{год}} \right) + (1-\rho) \sum_{j=1}^{N_{гф}} \lambda_{сj} T_{нах} K'_{неп} (c_{пс} t + c_{сн} t) \rightarrow \min. \quad (23)$$

С учетом равенств (7)–(9) после дифференцирования целевой функции по ρ получено

$$\rho = 1 - \frac{1}{1 + \frac{\sum_{j=1}^{N_{\text{ф}}} \lambda_{\text{т}} T_{\text{нах}} K'_{\text{пер}} (c_{\text{сп}} + c_{\text{пс}})}{\frac{N_{\text{ф}} T_{\text{сут}}}{24} \left(\sum_{j=1}^{N_{\text{ф}}} \frac{\lambda_j^2}{\sum_{i=1}^{N_{\text{ф}}} \lambda_{\text{т}} \sum_{i=1}^{\infty} p_{ji}} \right) \frac{(v_c^2 + v_{\text{обсл}}^2)}{2} P_{\text{ст}} \left(c_{\text{хр}} + \frac{\sum_{\text{им}} i_{\text{им}}}{24 T_{\text{год}}} \right)}}} \quad (24)$$

При равномерном законе распределения вероятности прибытия вагонов в передаточных поездах получается

$$\rho = 1 - \frac{1}{1 + \frac{48 T_{\text{нах}} N_{\text{пер}} K'_{\text{пер}} (c_{\text{сп}} + c_{\text{пс}})}{N_{\text{ф}} T_{\text{сут}} (v_c^2 + v_{\text{обсл}}^2) P_{\text{ст}} \left(c_{\text{хр}} + \frac{\sum_{\text{им}} i_{\text{им}}}{24 T_{\text{год}}} \right)}}} \quad (25)$$

Таким образом, определен оптимальный коэффициент полезного использования вагона во времени на пути необщего пользования по критерию минимума затрат по рассматриваемым вариантам. Стоит отметить, что значение полученного коэффициента уменьшается с увеличением значения коэффициента вариации интенсивности спроса на продукцию и повышается с ростом количества передач вагонов на путь необщего пользования (рисунок 3).

Продолжительность временного размещения вагонов

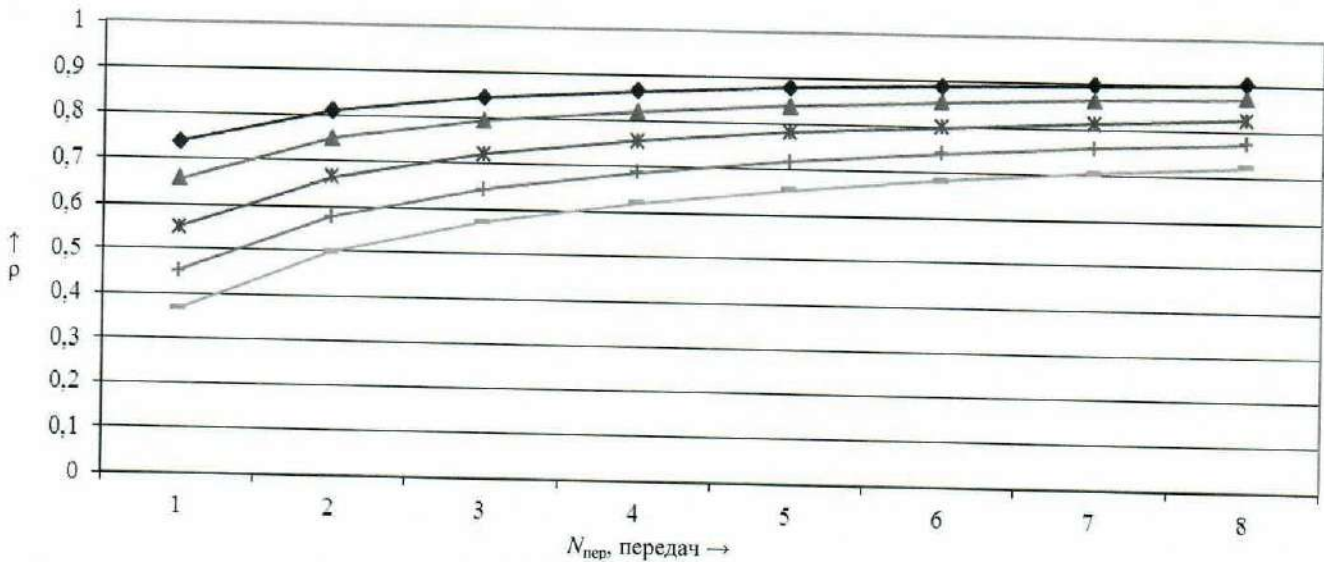


Рисунок 3 – Зависимость оптимального коэффициента полезного использования вагона во времени на пути необщего пользования от количества передач вагонов при различных значениях коэффициента вариации спроса на продукцию:

— $v_c = 0,1$; — $v_c = 0,3$; — $v_c = 0,5$; — $v_c = 0,7$; — $v_c = 0,9$

Анализ графика, представленного на рисунке 4, показал, что увеличение интенсивности спроса и оборота вагонов грузоотправителей, грузополучателей влечет необходимость содержания большего путевого развития для временного размещения подвижного состава.

Полученные зависимости могут быть использованы при определении путевого развития путей необщего

пользования в условиях увеличения доли частных вагонов в общем потоке с учетом вероятностного характера процессов их поступления и нахождения во временном размещении. Кроме того, данные зависимости применимы для расчетов необходимых для обоснования выбора режимов взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования.

$$T_1 = T_{\text{нах}} (1 - \rho), \quad (26)$$

$$T_1 = \frac{\Phi_{\text{ППП}} \theta}{\sqrt{1 + \frac{48 T_{\text{нах}} N_{\text{пер}} K'_{\text{пер}} (c_{\text{сп}} + c_{\text{пс}})}{N_{\text{ф}} T_{\text{сут}} (v_c^2 + v_{\text{обсл}}^2) P_{\text{ст}} \left(c_{\text{хр}} + \frac{\sum_{\text{им}} i_{\text{им}}}{24 T_{\text{год}}} \right)}}}} \quad (27)$$

Для определения количества железнодорожных путей для временного размещения вагонов следует рассчитать их требуемую суммарную полезную длину

$$L = I_{\text{ваг}}^{\text{ср}} N_{\text{ваг}}, \quad (28)$$

где $I_{\text{ваг}}^{\text{ср}}$ – средняя длина вагона, м/ваг; $N_{\text{ваг}}$ – количество вагонов, находящихся во временном размещении на железнодорожных путях необщего пользования:

$$N_{\text{ваг}} = \sum_{j=1}^{N_{\text{ф}}} \lambda_{\text{т}} T_1, \quad (29)$$

$$L = \frac{\sum_{j=1}^{N_{\text{ф}}} \lambda_{\text{т}} I_{\text{ваг}}^{\text{ср}} \Phi_{\text{ППП}} \theta}{\sqrt{1 + \frac{48 T_{\text{нах}} N_{\text{пер}} K'_{\text{пер}} (c_{\text{сп}} + c_{\text{пс}})}{N_{\text{ф}} T_{\text{сут}} (v_c^2 + v_{\text{обсл}}^2) P_{\text{ст}} \left(c_{\text{хр}} + \frac{\sum_{\text{им}} i_{\text{им}}}{24 T_{\text{год}}} \right)}}}} \quad (30)$$

Графическая интерпретация зависимости представлена на рисунке 4.

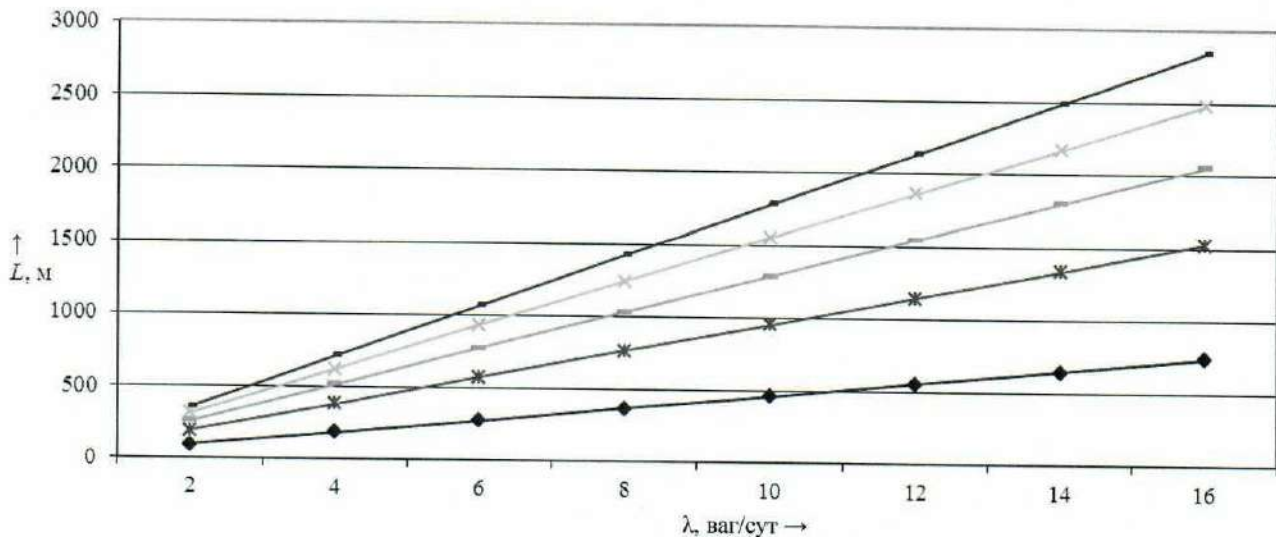


Рисунок 4 – Зависимость суммарной полезной длины путей от интенсивности спроса на продукцию при различных значениях оборота приватного вагона:

—◆— $\theta = 4$ сут; —*— $\theta = 12$ сут; —■— $\theta = 20$ сут; —×— $\theta = 28$ сут; —●— $\theta = 32$ сут

Обобщая представленный материал, можно сделать следующие выводы:

1) современный этап развития железнодорожного транспорта характеризуется увеличением доли вагонов грузоотправителей, грузополучателей в общем потоке, что особенно обостряет проблему их временного размещения на железнодорожных путях, а также ставит вопрос о целесообразности организации работы на путях необщего пользования с использованием запаса порожних вагонов для реагирования на оперативные изменения условий работы;

2) в процессе решения поставленных задач получена формула для определения оптимального коэффициента полезного использования вагона во времени на пути необщего пользования по критерию минимума затрат. В соответствии с ней оптимальный коэффициент принимает значения от 0,55 до 0,93 при изменении коэффициента вариации интенсивности спроса на продукцию в пределах от 0,1 до 0,5, что свидетельствует об адекватности представленной модели и ее соответствии реальности;

3) установлены аналитические зависимости суммарной полезной длины железнодорожных путей, необхо-

димых для временного размещения вагонов, от их интенсивности спроса на продукцию и оборота подвижного состава. Например, при обороте вагона, равном 20 суткам, увеличение на интенсивности спроса на 2 ваг./сут приводит к изменению полезной длины путей, необходимых для размещения вагонов на 256 м.

Список литературы

- 1 Григорюк, В. Ф. Оптимизация взаимодействия пунктов погрузки и выгрузки вагонов / В. Ф. Григорюк. – М. : Транспорт, 1986. – 79 с.
- 2 Правдин, Н. В. Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 249 с.
- 3 Типовой технологический процесс работы сортировочной участковой станции Белорусской железной дороги: СТП БЧ 15–249–2012. – Введ. 2012–12–12. – Минск : Белорусская ж. д., 2012. – 241 с.
- 4 Хусайнов, Ф. Оборот вагона – главный миф железных дорог [Электронный ресурс]. / Ф. Хусайнов // Информационное агентство РЖД Партнер.ru – 2017. – Режим доступа : http://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/oborot-vagona-glavnyi-mif-zheleznykh-dorog/?sphrase_id=16479. – Дата доступа : 21.07.2017.

Получено 24.01.2018

E. N. Potylkin. Definition of consumer travel development for temporary placement of private wagons.

Particularly topical in the face of increasing the share of private wagons are the tasks of choosing the optimal modes of mutual operation of the main and industrial railway transport. In this regard in order to justify the choice of the mode of cooperation regarding the distribution of private wagons sent to temporary accommodation, between the railway routes of general and non-public use, it is necessary to know the required capacity of the tracks. A methodology for calculating the required length of railroad tracks for the temporary placement of private rolling stock in conditions of the multiplicity of operators of the car fleet has been developed.

Т. А. ВЛАСЮК, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИДОВ ТРАНСПОРТА В АГЛОМЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ТЕХНИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ

Существуют различные типы выводов по аналогии, общими для которых является то, что во всех случаях непосредственному исследованию подвергается один объект, а вывод делается о другом. При этом модель всегда выступает как аналогия, отображающая объект, находящийся в определенном сходстве (подобии) с аналогом.

На основании вышеизложенного виды пассажирского транспорта, конкурирующие между собой за ресурс (пассажиропоток), также могут быть рассмотрены как аналоги некоторым биологическим системам, в которых наблюдается конкурентная борьба.

Аналогия (греч. *analogia* – соответствие) – сходство объектов (явлений, процессов) в каких-либо свойствах. Установление сходства (или различия) между объектами осуществляется в результате их сравнения, которое лежит в основе метода аналогии, являющегося сегодня одним из универсальных приемов, аккумулирующих интеллектуальные ресурсы для поиска новых идей и решения различных инженерных задач. При этом древнейшим методом аналогии является группа методов аналогии с природой – «учителем» человека.

Биологическое моделирование демонстрирует управляемое параметрами моделей возникновение и изменение во времени пространственной неоднородности, появление простых и сложных структур и дает возможность выявления как общих, так и частных или случайных характеристик пространственно-временной организации системы.

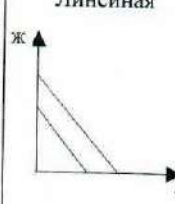
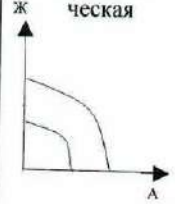

В философии техники пионерами биологических интерпретаций, несомненно, выступают Э. Капп и П. Энгельмейер, которые показали, что основные биологические свойства можно поставить в соответствие определенным техническим явлениям (например, биологическую особь – конкретному изобретению, а отбор – результатам его испытания и т. п.). Исследования Энгельмейера П. подтверждены Тулминым С. и Кудриным Б. Тулмин С. в статье «Инновация и проблема приложения» сделал попытку перенести разработанную им на основе дарвиновской теории естественного отбора методологическую модель эволюционных изменений в сферу технических изобретений и получил сходную с результатами Энгельмейера П. схему.

Кудрин Б. И., автор технетики, показал, что если технику рассматривать как множество слабо связанных между собой изделий, определяемых документами, а также особенностями инновационной деятельности, такими как диверсификация, вариофикация, ассортица, то техника может быть рассмотрена как естественное образование, напоминающее биоценозы.

Таким образом, сравнивая технические средства с животным миром, делая антропологическую оценку, можно их рассматривать как живой организм.

В контексте вышесказанного рассмотрим конкуренцию различных видов транспорта по аналогии на примерах биологических систем (биоценозов), где наблюдается комменсализм, аменсализм, протокооперация и т. п., проявляющиеся как позитивно, так и негативно (таблица 1).

Таблица 1 – Графическая интерпретация взаимодействий различных видов транспорта

Краткая характеристика варианта взаимодействия	Графическая интерпретация и тип зависимости	Формула расчета
Полная взаимозаменяемость видов транспорта (возможность замены некоторого количества транспортных средств одного вида пропорциональным количеством другого)	Линейная 	$a(A, Ж) = k_1$
Антагонистический вариант взаимодействия: для обеспечения требуемой провозной способности необходимо пропорционально больше транспортных единиц, чем при их использовании по отдельности	Параболическая 	$a(A, Ж) = k_1 A^2 Ж$ $b(A, Ж) = k_2 А Ж^2$ $k_1, k_1 < 0$
Комплементарный (дополнительный): при одновременном использовании двух видов транспорта требуется меньшее количество их средств, чем полной взаимозаменяемостью видов транспорта	Гиперболическая 	$a(A, Ж) = \frac{k_1 Ж}{А}$ или $b(A, Ж) = \frac{k_2 А}{Ж}$

Комменсализм между двумя видами транспорта может быть представлен следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dЖ}{dt} = r_1 Ж \left(1 - \frac{Ж}{n_1}\right) = P(Ж, А) \\ \frac{dА}{dt} = r_2 А \left(1 - \frac{А}{n_2 + a_{21}Ж}\right) = Q(Ж, А), \end{cases} \quad (1)$$

где Ж и А – железнодорожный и автомобильный транспорт соответственно; r_1, r_2 – коэффициенты увеличения количества железнодорожного и автомобильного транспорта соответственно; n_1, n_2 – пропускная способность железнодорожного и автомобильного транспорта соответственно. P, Q – скорость изменения количества и железнодорожного и автомобильного транспорта соот-

ответственно; a_{21} – коэффициент взаимодействия видов транспорта между собой.

Первое уравнение описывает развитие железнодорожного транспорта в рамках логической модели Ферхюльста, в которой учитывается его пропускная способность. Во втором уравнении также учитывается конкуренция видов транспорта, однако, положительное влияние железнодорожного транспорта способствует повышению пропускной способности автомобильного транспорта.

Математическая модель двухвидовой системы аменсализма, состоящей из двух видов транспорта (железнодорожного и автомобильного), при которой один вид транспорта подавляет другой, но не испытывает его отрицательного влияния может быть представлена в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dЖ}{dt} = r_1Ж \left(1 - \frac{Ж}{k_1} \right); \\ \frac{dА}{dt} = r_2А \left(1 - \frac{А}{k_2 - a_{21}Ж} \right), \end{cases} \quad (2)$$

где k_1, k_2 – плотность транспортной сети железнодорожного и автомобильного транспорта; a_{21} – коэффициент взаимодействия видов транспорта между собой.

Коэффициент a_{21} показывает, насколько уменьшается плотность сети при увеличении плотности первого вида на единицу. При $k_1/k_2 > a_{21}$ существует единственное устойчивое стационарное состояние, при котором сосуществуют оба вида транспорта:

$$Ж, А = (k_1, k_2 - a_{21}k_1).$$

Таким образом, если коэффициент взаимодействия a_{21} незначителен ($a_{21} < k_2/k_1$), то два вида транспорта могут существовать, хотя количество одного из них (аменсала) снижается до более низкого значения. Если же коэффициент взаимодействия значителен ($a_{21} > k_2/k_1$), то происходит полное вытеснение вида-аменсала.

Математическая модель протокооперации двух видов транспорта (железнодорожного и автомобильного) является симбиотическим отношением, полезным для каждой из них, но не обязательным – каждый вид транспорта может существовать независимо друг от друга. Модель протокооперации двух видов транспорта, также может быть представлена в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dЖ}{d\tau} = \gamma_1 \left(1 - \frac{Ж}{\dot{Ж}} \right) + a_{12}ЖА; \\ \frac{dА}{d\tau} = \gamma_2 \left(1 - \frac{А}{\dot{А}} \right) + a_{21}ЖА, \end{cases} \quad (3)$$

где $А$ и $Ж$ – количество подвижного состава железнодорожного и автомобильного транспорта соответственно; γ_1, γ_2 – удельные скорости увеличения количества железнодорожного и автомобильного транспорта соответственно; a_{12}, a_{21} – константы, характеризующие скорость влияния одного вида транспорта на другой; $\dot{Ж}, \dot{А}$ – максимальное количество железнодорожного и

автомобильного транспорта при отсутствии влияния друг на друга.

Замена $Ж = \dot{Ж}\zeta_1, А = \dot{А}\zeta_2, t = \gamma_1\tau$ переводит систему уравнений (3) в следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{d\zeta_1}{dt} = \zeta_1(1 - \zeta_1 + a_1\zeta_2); \\ \frac{d\zeta_2}{dt} = \mu\zeta_2(1 - \zeta_2 + a_2\zeta_1), \end{cases} \quad (4)$$

где $\mu = \gamma_2/\gamma_1, a_1 = a_{12}\dot{Ж}\dot{А}/\gamma_1, a_2 = a_{21}\dot{Ж}\dot{А}/\gamma_2$.

Тогда стационарные точки этой системы уравнений ($\zeta_1 = 0, \zeta_2 = 0$), ($\zeta_1 = 1, \zeta_2 = 0$) и ($\zeta_1 = 0, \zeta_2 = 1$) будут неустойчивыми.

Стационарная точка $\zeta_1 = \frac{1+a_1}{1-a_1a_2}, \zeta_2 = \frac{1+a_2}{1-a_1a_2}$ будет иметь физический смысл, если выполняется неравенство $a_1a_2 < 1$.

Тогда стационарная точка устойчива, так как характеристический полином матрицы Якоби правой части уравнений (4) $P(\chi) = \chi^2 + (\zeta_1 + \mu\zeta_2)\chi + \mu(1 - a_1a_2)\zeta_1\zeta_2$ будет иметь корни с отрицательной вещественной частью. Следовательно, при протокооперации в тендеме возможно значительное развитие одного вида транспорта при достаточно сильном влиянии друг на друга исходя из условия $a_1a_2 > 1$.

При этом использование метода технико-биологических аналогий возможно, когда исследуемые процессы, равно как и биологические формально представлены одинаковыми (или близкими) математическими моделями. При этом, если биологическая модель уже исследована, то вполне естественно использование полученных результатов для анализа рассматриваемого процесса. Например, так же как и в живой природе, организмы разного уровня развития и сложности по отношению друг к другу находятся в состоянии конкуренции, которая имеет различный характер, но не всегда враждебный. Иногда они даже поддерживают друг друга, что позволяет им выжить в непростых условиях существования и агрессивности внешней среды. Такие же аналогичные процессы происходят при взаимодействии различных видов транспорта, которые конкурируют между собой за единый ресурс – пассажиропоток. Помимо этого, может быть использована некоторая наглядность, что также является немаловажным фактором при решении проблемных аспектов взаимодействия различных видов транспорта в агломерации.

На основании таблицы 2 может быть выполнено сегментирование сферы взаимодействия видов транспорта на рынке услуг, что возможно при помощи метода функциональных карт (двойного сегментирования) и кластерного анализа. Первый метод позволяет разделить сферы обслуживания пассажиров на различных видах транспорта, т. е. выполнить сегментацию в зависимости от их функциональных и технических парамет-

ров, выбранных для анализа и определить, какие из них наиболее полно подходят в зависимости от конкретных условий (таблица 2).

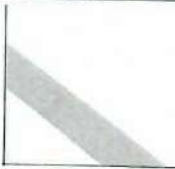
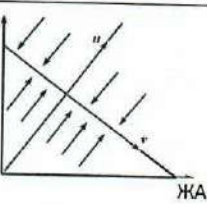
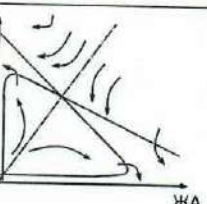
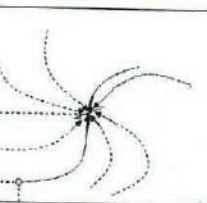
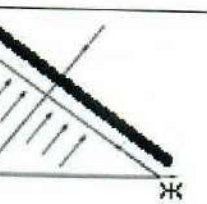
Таблица 2 – Сегментация рынка транспортных услуг

Параметры	Виды транспорта	
	автомобильный	железнодорожный
Скорость доставки	Высокая	Средняя
Безопасность	Средняя	Высокая
Регулярность передвижения	Средняя	Высокая
Комфорт	Средний	Высокий
Период обслуживания	Ограниченный	Круглосуточный
Сегмент рынка пассажирских перевозок	Пригородные и городские перевозки	Региональные перевозки, дальнее сообщение

Как видно из таблицы 2, обслуживание пассажиров в различных сообщениях предполагает индивидуальный подход в организации основной услуги – перевозке массовых, социально значимых, платежеспособных пользователей, предоставление для них сопутствующих и дополнительных услуг, которые придают основной услуге большую привлекательность и способствуют лучшему обеспечению комфортности поездки и ее восприятию. Особенно большое значение сопутствующие и дополнительные услуги приобретают в настоящее время, что вызвано развитием рыночных отношений и усилением конкуренции на рынке транспортных услуг.

В таблице 3 приведены типы взаимодействий различных видов транспорта.

Таблица 3 – Типы взаимодействий различных видов транспорта

Тип взаимодействий	Краткая характеристика	Графическая интерпретация	Вид транспорта	
			автомобильный	железнодорожный
Нейтральное	Ни один вид не влияет на другой		0	0
Взаимное конкурентное подавление	Виды транспорта активно «подавляют» друг друга		-	-
Конкуренция взаимодействия из-за единого ресурса (пассажиропотока)	Непрямое подавление при дефиците общего ресурса (пассажиропотока)		-	-
Комменсализм	Один из видов транспорта (комменсал) получает прибыль от взаимодействия		0	+
Аменсализм	Один вид транспорта подавляет другой, но не испытывает его отрицательного влияния		-	0
Протокооперация	Взаимодействие благоприятно для обоих видов транспорта, но не обязательно		+	+

Примечание – «0» – взаимодействие между видами транспорта отсутствует; «+» – взаимодействие между видами транспорта присутствует; «-» – при взаимодействии виды транспорта подавляют друг друга.

При этом сегментирование может быть полным или частичным и позволит:

– определить характеристические особенности пассажиропотоков и установить, какие из них являются устойчивыми и поэтому более значимыми для разработки прогнозных показателей;

– выполнить корректировку рынка транспортных услуг;

– выявить, как изменяются параметры пассажиропотоков при их освоении на различных видах транспорта.

Для отбора сегментов рынка транспортных услуг может быть разработана оценочная карточка, пример которой приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Оценочная карточка для отбора сегментов рынка транспортных услуг

Показатели	Критерии оценки		
	Коэффициент значимости	Бальная оценка <i>i</i> -го сегмента по <i>j</i> -му критерию	Суммарная оценка сегмента с учетом коэффициента значимости
Провозная способность	0,3	5	1,5
Возможность вида транспорта снизить коэффициент неравномерности пассажиропотока по часам суток и дням недели	0,3	4	1,2
Соответствие движения подвижного состава расписанию	0,2	3	0,6
Комфорт при передвижении	0,2	3	0,6

Коэффициенты значимости каждого оценочного критерия могут быть определены экспертным путем. При этом если сегмент набирает по критерию меньше, чем установлено число баллов, он автоматически выбывает из дальнейшего рассмотрения.

Результаты анализа методом двойной сегментации могут быть оформлены в виде матрицы, по строкам которой откладывается значение показателя, а по столбцам – сегменты рынка сферы транспортного обслуживания (таблица 5).

Получено 20.04.2018

T. A. Vlasuk. Development of mathematical models of interaction of types of transport in the metropolitan area based on the method of technical and biological analogies.

There are different types of conclusions by analogy, common to which is that in all cases, one object is directly investigated, and the conclusion is made about the other. In this case, the model always acts as an analogy, displaying an object that is in a certain similarity (similarity) with the analog. On the basis of the above types of passenger transport, competing with each other for the resource (passenger traffic) can also be considered as analogues of some biological systems in which there is competition.

Таблица 5 – Функциональная карта сравнения автомобильного и железнодорожного транспорта при обслуживании пассажиров

Показатель	Вид транспорта			
	железнодорожный	автомобильный	железнодорожный	автомобильный
Стоимость поездки	++	XX	++	+
Скорость поездки	+	++	+	+
Поездка от двери до двери	0	0	XX	++
...
Итого	+	XX	XX	+

Примечание – ++ – фактор полностью соответствует потребностям пассажира; + – фактор в целом соответствует потребностям пассажира; 0 – фактор незначителен; X – фактор в целом не соответствует потребностям пассажира; XX – фактор абсолютно не соответствует потребностям пассажира.

Рассмотрение взаимодействия видов транспорта согласно приведенным в таблице 5 показателям позволяет избежать противоречий, нередко возникающих при моделировании взаимодействия двух видов транспорта в городах. При этом необходимо учитывать, что типы взаимодействия видов транспорта на различных этапах обслуживания населения нестабильны и могут меняться в процессе развития пассажирской транспортной системы.

Список литературы

- 1 Аверьянов, А. Н. Системное познание мира: методологические проблемы / А. Н. Аверьянов. – М., 1991. – С. 261–263.
- 2 Власюк, Т. А. Применение метода технико-биологических аналогий для оценки взаимодействия видов транспорта в агломерации / Т. А. Власюк // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2018.
- 3 Колпак, Е. П. Математическая модель взаимодействия творческих субкультур / Е. П. Колпак, А. В. Гаврилова // Молодой ученый. – 2016. – № 21. – С. 1–8.
- 4 Думачев, В. Н. Эволюция антагонистически-взаимодействующих популяций на базе двумерной модели Ферхюльста – Пирла / В. Н. Думачев, В. А. Родин // Математическое моделирование. – 2005. – С. 11–22.
- 5 Рожковский, А. Д. Моделирование конкурентных взаимоотношений возникающих в популяциях между особями различной экологической стратегии / А. Д. Рожковский // Научные записки НГУЭУ. – Новосибирск, 2004. – Вып. 4.

УДК 625.1.004.5

Д. И. БОЧКАРЕВ, кандидат технических наук, П. В. КОВТУН, кандидат технических наук, О. В. ОСИПОВА, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Объектом исследования являются технологические процессы текущего содержания пути, регламентируемые нормативной документацией Белорусской железной дороги. Приводится структура технологических процессов по дистанциям пути с анализом состава работ и трудозатрат. Выявлены резервы сокращения трудозатрат при эффективном использовании современных путевых машин.

Целью текущего содержания пути является постоянное обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов без снижения установленных скоростей из-за состояния пути и сооружений, что требует их постоянной исправности на всём протяжении, установлении и своевременном устранении причин появления неисправностей как всего пути, так и отдельных его элементов. Работы по текущему содержанию пути выполняются в плановом порядке в течение всего года. Планирование работ производится на основе данных, получаемых в результате ежедневных наблюдений, периодических осмотров и проверок состояния пути, а также анализа их результатов. Для обеспечения текущего содержания на каждый километр главного пути, станционный путь и на стрелочный перевод планируется на год определенное количество рабочей силы, машин, механизмов и материалов в соответствии с эксплуатационными факторами.

Все выполняемые работы по текущему содержанию пути можно разделить по сезонам года на летние, осенние, зимние и весенние. Кроме того, их можно классифицировать по технологическому признаку на работы: по балласту; шпалам; рельсам и скреплениям; стрелочным переводам; погрузочно-разгрузочные и транспортные; по путевым знакам, переездам и изгородям, ограждающим путь от скота. По данному технологическому признаку были сгруппированы 233 технологических процесса, выполняемых по текущему содержанию пути, с указанием используемых машин и средств малой механизации (путевого инструмента). В результате анализа полученной информации можно выделить следующие технологические процессы:

1) выполняемые исключительно вручную: визирование пути оптическим прибором ПРП или раздвижными визирками; оправка балластной призмы; устройство места зарядки щебнеочистительных машин RM-76 или RM-80; вырезка, прогрозотка и заброска в путь щебеночного балласта; замена загрязненного гравийного и гравийно-песчаного балласта до подошвы шпал; переноска с путей загрязненного гравийного и гравийно-песчаного балласта носилками; все работы по путевым знакам, переездам и изгородям, ограждающим путь от скота; работы по исправлению пути на пучинах и т. д. Данные работы носят локальный характер, их частичная или полная механизация затруднительны вследствие незначительных по объему, но рассредоточенных по протяженности пути работ;

2) выполняемые вручную, но имеющие возможность полной механизации: удаление засорителей из-под подошвы рельсов; очистка пути от грязи и мусора на пере-

гоне; очистка станционных путей от грязи; прополка главного и станционных путей от травы и т. д. Данные работы должны быть исключены при качественном выполнении аналогичных технологических процессов с использованием машин и инструментов (например, удаление засорителей из-под подошвы рельсов рельсоочистительной машиной РОМ-3 может заменить удаление засорителей из-под подошвы рельсов и очистку пути от грязи и мусора на перегоне вручную; уборка мусора и грязи с путей машиной СМ-2 – заменить очистку станционных путей от грязи вручную; химическое уничтожение растительности на железнодорожном пути раствором гербицида с использованием поливочного устройства на дрезине ДГКу или платформе УП-2 – заменить прополку главного и станционных путей от травы);

3) выполняемые путевым механизированным инструментом, но имеющие возможность выполнения машинами (например, регулировка рельсо-шпальной решетки в плане по расчетным стрелам изгиба на кривых участках пути моторным гидравлическим рихтовщиком РГУ-1, ГР-12Б или рычажными приборами и регулировка рельсо-шпальной решетки в плане по расчетным моторным гидравлическим рихтовщиком РГУ-1, ГР-12Б или рычажными приборами могут быть заменены регулировкой рельсошпальной решетки в плане самоходной путерихтовочной машиной Р-2000);

4) выполняемые машинами циклического действия: все погрузочно-разгрузочные работы. Повышение производительности данных технологических процессов не представляется возможным вследствие циклического характера самих работ;

5) выполняемые машинами (например, выправка пути сплошной подбивкой шпал с одновременной регулировкой пути в плане и уплотнением балласта у торцов шпал самоходной выправочно-подбивочно-рихтовочной машиной ВПР-1200 или ВПРС-500, ВПР-02, ПТ-800, ВПРС-02, ВПРС-03, ВПРС-08; удаление засорителей из-под подошвы рельсов рельсоочистительной машиной РОМ-3; смена шпал машиной SVP-74; смена деревянных шпал машиной MRT; регулировка рельсошпальной решетки в плане самоходной путерихтовочной машиной Р-2000 и т. д.) Производительность данных технологических процессов может быть увеличена при использовании более современных моделей машин (в частности замены машин циклического действия машинами непрерывного действия) или при более эффективной эксплуатации существующих.

Технологические процессы, выделенные в п. 5, можно сгруппировать на работы по балласту, работы по

шпалам, работы по рельсам и креплениям, работы по стрелочным переводам (таблица 1).

Таблица 1 – Технологические процессы по текущему содержанию пути, выполняемые машинами, и имеющие возможность повышения производительности

Технологические процессы при текущем содержании пути и искусственных сооружений	Путевые машины при механизированном содержании	Средства малой механизации при использовании ручного труда
I. Работы по балласту		
1 Выправка пути сплошной подбивкой шпал с одновременной регулировкой пути в плане и уплотнением балласта у торцов шпал	ВПП-1200, ВПП-02, ПТ-800	
2 Выправка стрелочного перевода сплошной подбивкой шпал с одновременной регулировкой пути в плане и уплотнением балласта у торцов шпал	ВППС-500, ВППС-02, ВППС-03, ВППС-08	
3 Исправление провалов и перекосов пути подбивкой шпал		ЭШП-9
4 Визирование пути		ПРП
5 Удаление засорителей из-под подошвы рельсов	РОМ-3	
6 Очистка пути от грязи и мусора	СМ-2	
7 Химическое уничтожение растительности на железнодорожном пути раствором гербицида	ДГКу, УП-2	
II. Работы по шпалам		
1 Одиночная смена шпал и переводных брусьев	SVP-74, MRT	
2 Сверление шурупных или костыльных отверстий в шпалах		ЭСД-2
III. Работы по рельсам и креплениям		
1 Разрядка температурных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути с применением гидравлического прибора		Ключ ПГК, шурупверт ШКВ-2, прибор разгоночный гидравлический РН-01
2 Регулировка рельсо-шпальной решетки в плане	P-2000	РГУ-1, РГ-12Б,
3 Регулировка стыковых зазоров		РН-01А
4 Подтягивание гаек, смазка клеммных болтов и подтягивание гаек закладных болтов	ПМГ	ПГК
5 Очистка рельсов и креплений от грязи и мазута	РОМ-3	
6 Шлифование металлических частей стрелочного перевода	РШП	МРШ-3, Geismar
7 Сверление отверстий в рельсах		РСМ-1, 1024 Б, 1024 В, СТР-1, СТР-2, МСР-1Н
8 Резка рельсов		РМ-2, РМ-3, Partner K-120, РА-2, Geismar
IV. Работы по стрелочным переводам		
1 Выправка стрелочного перевода сплошной подбивкой переводных брусьев с одновременной регулировкой стрелочного перевода в плане и уплотнением балласта у торцов брусьев	ВППС-500, ВППС-02, ВППС-08, ВППС-03	
2 Выправка стрелочного перевода подбивкой брусьев		ЭШП-9, РГУ-1
3 Регулировка стрелочного перевода в плане		РГУ-1, РГ-12Б

Анализ фактических данных о выполнении дистанциями пути Белорусской железной дороги объемов работ по текущему содержанию пути, например за 2015 год, в соответствии с письмом службы пути от 16.03.2016 №56-05-12/8553 представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Структура работ по текущему содержанию пути на Белорусской железной дороге за 2015 год

Виды работ	Объем выполненных работ, чел.·ч (маш.ч)	Удельный вес работы в общем итоге, %
1 По балласту	1 029 857	19,7
2 По шпалам	490 324,1	9,4
3 По рельсам и креплениям	2 552 762,28	48,9
4 По стрелочным переводам	1 114 290,3	21,3
5 Погрузочно-разгрузочные и транспортные	3 365	0,1
6 По путевым знакам, переездам и изгородям, ограждающим путь от скота	22 138,5	0,4
7 По исправлению пути на пучинах	7 171	0,1
Итого	5 219 908	100

Из приведенных данных видно, что на Белорусской железной дороге в 2015 году около половины от общего объема работ (48,9 %), связанных с текущим содержанием пути, приходилось на работы по рельсам и креплениям. Около 1/5 от общего объема работ связано с работами по стрелочным переводам (21,3 %), а также по балласту (19,7 %). Менее десяти процентов от общего объема работ приходится на работы по шпалам (9,4 %). На погрузочно-разгрузочные и транспортные работы, работы по путевым знакам, переездам и изгородям, ограждающим путь от скота, а также работы по исправлению пути на пучинах в сумме приходится около 0,6 % от общего объема работ.

Для установления состава работ по текущему содержанию пути на отдельных полигонах Белорусской железной дороги был выполнен анализ работ и их структурирование по дистанциям пути. Сравнение производилось по трудозатратам на текущее содержание пути в целом, а также на выполнение отдельных видов работ. Результаты анализа приведены в таблице 3.

Из данных таблицы 3 видно, что:

– в 2015 году наибольший объем работ (в пересчете на трудозатраты) по текущему содержанию выполнялся Гомельской (8,5 %), Минской (7,8 %), Молодечненской (7,6 %), Калинковичской (7,3 %) дистанциями пути;

– в работах по рельсам и скреплениям (занимают 1-е место (48,9 %) в общем объеме работ по текущему содержанию пути) наибольший объем (в пересчете на трудозатраты) выполняют дистанции Молодечно (9,6 %), Минск (9,3 %), Гомель (8 %), Калинковичи (7,4 %);

– в работах по стрелочным переводам [занимают 2-е место (21,3 %) в общем объеме работ по текущему содержанию пути] наибольший объем (в пересчете на трудозатраты) выполняют дистанции Гомель (12,3 %),

Калинковичи (9,8 %), Минск (7,9 %), Волковыск (7,4 %), Жлобин (7,4 %);

– в работах по балласту [занимают 3-е место (19,7 %) в общем объеме работ по текущему содержанию пути] наибольший объем (в пересчете на трудозатраты) выполняют дистанции Полоцк (10,2 %), Жабинка (8,3 %), Осиповичи (8,1 %), Гомель (7,7 %);

– в работах по шпалам [занимают 4-е место (9,4 %) в общем объеме работ по текущему содержанию пути] наибольший объем (в пересчете на трудозатраты) выполняют дистанции Орша (18,3 %), Волковыск (9,4 %), Брест (9,2 %), Жабинка (7,5 %).

Таблица 3 – Анализ состава работ по текущему содержанию пути в 2015 году по дистанциям

Дистанция пути	Удельный вес дистанции в общем объеме, %	Работы						
		по балласту	по шпалам	по рельсам и скреплениям	по стрелочным переводам	по погрузке-выгрузке, транспортные	по путевым знакам, переездам и изгородям	по исправлению пути на пучинах
ПЧ-1 Орша	7	3,8	18,3	6,3	6,8	0	0	0
ПЧ-2 Борисов	1,4	0,6	3,9	0,7	2,4	0	1	0
ПЧ-3 Минск	7,8	6	4,4	9,3	7,9	0	4,8	0
ПЧ-4 Барановичи	0	0	0	0	0	0	0	0
ПЧ-5 Жабинка	6,5	8,3	7,5	6	5,7	0	8,1	0
ПЧ-6 Брест	6,8	5,3	9,2	6,9	7	6,8	10,8	0
ПЧ-7 Волковыск	6,3	6	9,4	5,3	7,4	86,2	1,2	0
ПЧ-8 Лида	2,1	3,2	3,1	1,8	1,2	0,5	6,2	4
ПЧ-9 Молодечно	7,6	6,4	2,8	9,6	6,4	0	2,4	0
ПЧ-10 Воропаево	2,8	4,3	6,5	2,1	1,2	0	5,8	49,6
ПЧ-11 Полоцк	6,4	10,2	4,3	6,7	3	0	5	0
ПЧ-12 Витебск	5,1	4,9	5,3	5,8	3	0	26,6	0
ПЧ-13 Кричев	3,2	3,9	2,9	3,6	1,7	5,1	3,7	0,7
ПЧ-14 Могилев	4,8	2,4	2,3	5,8	5,7	0	0,6	8,5
ПЧ-15 Осиповичи	5,2	8,1	3,7	4	6	0	0,4	6,1
ПЧ-16 Жлобин	4,5	3,2	4,5	3,8	7,4	1,4	1,9	11,7
ПЧ-17 Гомель	8,5	7,7	4,3	8	12,3	0	14,8	3,5
ПЧ-18 Калинковичи	7,3	6,1	4	7,4	9,8	0	0	0
ПЧ-19 Лунинец	3,2	4,6	2,3	3,3	2,1	0	2,1	3,8
ПЧ-20 Бобруйск	3,6	5	1,1	3,7	3	0	4,6	12,1

Далее был выполнен анализ состава работ и трудозатрат на них внутри каждого вида.

В работах по балласту более 90 % от общего объема приходятся на следующие три операции:

– исправление просадок и перекосов пути на щебеночном балласте подбивкой шпал электрошпалоподбойками ЭШП-9 – 67,46 % от общего объема работ по балласту;

– исправление просадок и перекосов пути подбивкой деревянных шпал торцовыми или маховыми подбойками – 18,72 %;

– исправление просадок и перекосов пути на гравийном и гравийно-песчаном балластах подбивкой деревянных шпал электрошпалоподбойками ЭШП-9 – 3,9 %.

В работах по шпалам наибольшие трудозатраты приходятся на следующие операции:

– смена деревянных шпал – 67,35 % от общего объема работ по шпалам;

– смена железобетонных шпал (одиночная) на щебеночном балласте при отдельном скреплении КБ – 12,35 %;

– смена деревянных шпал на железобетонные (одиночная) – 5,92 %;

– клеймение деревянных шпал – 2,94 %;

– ручные работы при смене деревянных шпал с применением машин для смены шпал – 2,36 %.

Таким образом, на пять указанных выше работ приходится более 90 % от общего объема работ по шпалам.

В работах по рельсам и скреплениям наибольшие трудозатраты приходятся на следующие операции:

– подтягивание гаек клеммных и закладных болтов торцовыми ключами – 15,86 % от общего объема работ по рельсам и скреплениям;

– регулировка ширины рельсовой колеи при отдельном скреплении с применением стяжного прибора – 15,08 %;

– регулировка ширины рельсовой колеи при смешанном костыльном скреплении с применением стяжного прибора – 14,16 %;

– поправка подрельсовых (амортизационных) прокладок при отдельном скреплении – 8,89 %;

– смазка клеммных и закладных болтов – 6,06 %;

– подтягивание гаек стыковых болтов ручными путевыми гаечными ключами – 5,92 %;

– регулировка рельсошпальной решетки в плане гидравлическим рихтовщиком ГР-12Б – 4,8 %.

На семь указанных выше путевых работ приходится более 70 % от общего объема работ по рельсам и скреплениям.

В работах по стрелочным переводам наибольшие трудозатраты приходятся на следующие операции:

– регулировка ширины колеи на стрелочном переводе с применением стяжного прибора – 49,16 % от общего объема работ по стрелочным переводам;

– очистка централизованных стрелочных переводов от грязи и мусора вручную – 17,18 %;

– выправка стрелочного перевода подбивкой брусьев электро-шпалоподбойками ЭШП-9 – 15,31 %;

– смена переводных брусьев (одиночная) стрелочного перевода типа Р65 и Р50 с маркой крестовины 1/11 или 1/9 на щебеночном балласте – 6,91 %;

– регулировка стрелочного перевода в плане гидравлическими рихтовщиками ГР-12Б – 4,83 %.

В итоге на пять указанных выше работ приходится более 90 % от общего объема работ по стрелочным переводам.

При погрузочно-разгрузочных и транспортных работах наибольшие трудозатраты приходятся на следующие операции:

– выгрузка рельсов всех типов длиной 12,5 м с платформы дрезины краном АГМС – 47,07 %;

– выгрузка рельсов всех типов длиной 12,5 м краном ЕДК-50 с платформы (цепь) – 30,58 %;

– погрузка рельсов всех типов длиной 12,5 м краном КДЭ-161 на платформу – 8,56 %;

– погрузка (выгрузка) деревянных шпал пакетами одним краном путевой ремонтной летучки ПРЛ-3/2 – 3,86 %.

Суммарно на четыре указанные выше работы приходится более 90 % от общего объема погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

При работах по путевым знакам, переездам и изгородям наибольшие трудозатраты приходятся на следующие операции:

– окраска путевых и сигнальных знаков – 60,56 %;

– окраска столбиков на переезде – 18,45 %;

– окраска бетонных розеток у основания путевых знаков – 12,13 %.

На три указанные выше работы приходится более 90 % от общего объема работ по путевым знакам, переездам и изгородям.

При работах по исправлению пути на пучинах более 90 % от общего объема трудозатрат приходится на следующие три операции:

– очистка концов деревянных шпал, брусьев или промежуточных мест брусьев от снега – 45,31 % от общего объема работ по исправлению пути на пучинах;

– укладка или замена пучинных карточек карточками большей толщины – 29,88 %;

– очистка деревянных шпал от снега – 15,9 %.

Учитывая всё вышеизложенное, были пересмотрены действующие дифференцированные нормы затрат труда на текущее содержание пути и постоянные устройства. В результате корректировки нормативов расчетная численность монтеров уменьшилась.

Таким образом, оптимизация технологических процессов по текущему содержанию железнодорожного пути с учетом современных путевых машин и механизмов способствует сокращению трудовых затрат при улучшении качества выполняемых работ.

Список литературы

1 СТП 09150.56.010-2005. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ. – Минск : Белорусская ж. д., 2006. – 280 с.

2 Харин, Ю. С. Математические и компьютерные основы статистического анализа данных и моделирования : учеб. пособие / Ю. С. Харин, В. И. Малогин, М. С. Абрамович. – Минск : БГУ, 2008. – 455 с.

Получено 03.05.2018

D. I. Bochcarov, P. V. Kovtun, O. V. Osipova. The analysis of structure of technological processes of the current maintenance of a railway track at the enterprises of the Belarusian Railway.

The object of a research are the technological processes of the current maintenance of a railway track regulated by standard documentation of the Belarusian Railway. The structure of technological processes on distances of a way with the analysis of structure of track-work and effort is given. The reserves of labor reduction, with the effective use of modern track machines have been identified.

УДК 656.22

Е. А. ТЕРЕЩЕНКО, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ СТАНЦИЙ ПО РАСФОРМИРОВАНИЮ ПОЕЗДОВ ПРИ СЕКЦИОНИРОВАНИИ ПУТЕЙ СОРТИРОВОЧНЫХ ПАРКОВ

Рассматривается технология работы станции при секционировании путей сортировочных парков на примере выделения четырех секций по каждому из существующих четырех путей. Предлагаются формулы для расчета времени расформирования состава осаживанием на выделенные секции согласно их специализации.

В настоящее время на Белорусской железной дороге наблюдаются изменения структуры поездопотока, связанные с увеличением числа назначений за счет возрастания количества клиентов, пользующихся услугами железнодорожного транспорта при перевозке грузов. На грузовых станциях сети при маломощных назначениях и значительных длинах сортировочных путей последние используются неэффективно. Большое количество назначений не обеспечивается наличным количеством путей, следствием чего является большая повторная сортировка, увеличиваются простои вагонов на станции, замедляется скорость доставки грузов. Поэтому возникает необходимость исследовать возможность секционирования сортировочных путей в парке, определять количество секций и их длины по каждому пути, а также выбирать схемные решения по уборке групп вагонов с каждой секции.

Секционирование сортировочного парка рассматривается в качестве эффективной меры повышения пропускной способности станционных путей при значительном количестве маломощных назначений [8]. Длинные сортировочные пути оказываются недостаточно заполненными при накоплении групп вагонов в объемах подач на примыкающие грузовые пункты и передач на прилегающие станции и участки. Разделение таких сортировочных путей на секции (две, три и более) позволяет накапливать вагоны нескольких назначений на одном пути. Технически данная мера обеспечивается укладкой ряда съездов с одного ходового пути по схеме, называемой «елочкой» [3]. Наиболее эффективным является вариант расположения ходового пути в середине по отношению к секционируемой группе путей (рисунок 1).

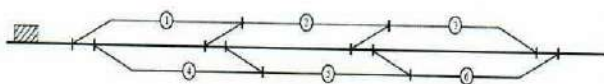


Рисунок 1 – Секционирование сортировочного парка при числе путей $N_{\text{пут}} = 3$, числе секций на пути $n_{\text{сек}} = 3$

Число секций, на которое делится данный сортировочный путь, определяется соотношением полезной длины всего пути и потребными длинами каждой секции. Технология работы станции с секционированными путями сортировочного парка связана с осаживанием вагонов при расформировании поездов с назначениями на выделенные секции.

Существующие сортировочные станции имеют конструкционные и технологические особенности, не всегда позволяющие применить к ним типовые решения с

укладкой веерной структуры съездов. Проведение системного анализа схем станций позволит выделить классификационные группы, к каждой из которых впоследствии возможно применение тех или иных общих подходов при выборе вариантов проектирования «елочки».

Так как суточный объем вагонопотока по каждому назначению варьируется в некоторых пределах, то важно определить данное отклонение δ , от среднего значения $(m_{\text{назн}})_i + k\delta_i$, где k – нормирующий коэффициент. Резервная длина i -й секции может определяться как

$$(L_{\text{рез}}^{\text{сек}})_i = l_n k \delta_i, \quad (1)$$

где l_n – длина вагона, м.

Особое внимание требуется уделить конструкции путевого развития секционированных путей. Типовая «елочка» может претерпеть существенные изменения при необходимости секционирования внутренних путей сортировочного парка, укладке съездов в кривых, недостаточной общей длине сортировочного пути, который необходимо секционировать до требуемых полезных длин секций. Эти исследования необходимо проводить на реальных схемах грузовых станций. Возможно, на выбор схемы секционирования окажет влияние существующая технология работы станции.

Особо следует отметить задачу выбора минимального количества путей, которое целесообразно секционировать, учитывая, что один путь всегда выделяется в качестве ходового. При разбиении парковых путей на секции следует также рассмотреть различные варианты взаимной укладки стрелочных переводов и установить, имеет ли принципиальное значение схема укладки съездов по секционируемым путям. Фактически длина секции пути будет определять мощность назначения в соответствии с планом формирования поездов. Таким образом, устанавливается следующее правило: если количество стрелочных участков $N_{\text{уч}}$, число секций $n_{\text{сек}}$, то для одного сортировочного пути

$$N_{\text{уч}} = n_{\text{сек}} - 1. \quad (2)$$

Следовательно, при наличии необходимого путевого развития сортировочного парка с полезной длиной пути $L_{\text{пол}}^{\text{пут}}$ для известного варианта разбиения с определенными длинами секций $L_{\text{пол}}^{\text{сек}(i)}$ соблюдается условие

$$\sum_{i=1}^{n_{\text{сек}}} L_{\text{пол}}^{\text{сек}(i)} + L_{\text{стр}}^{\text{уч}} (n_{\text{сек}} - 1) \leq L_{\text{пол}}^{\text{пут}}, \quad (3)$$

где $L_{стр}^{уч}$ – длина стрелочного участка, исключаемая из общей полезной длины пути вследствие реконструктивных мероприятий.

Следует также отметить, что значение $L_{стр}^{уч}$ при проектировании определяется через геометрические размеры уложенных стрелочных переводов с учетом их взаимной укладки. Например, в случае укладки в сортировочном парке по 3-й схеме при типе рельсов Р50, марке стрелочных переводов 1/9 и прямой вставке $d = 6,25$ м значение $L_{стр}^{уч} \approx 40$ м.

Графическая интерпретация зависимости возможного количества секций от числа укладываемых съездов N_c между смежными путями приведена на рисунке 2.

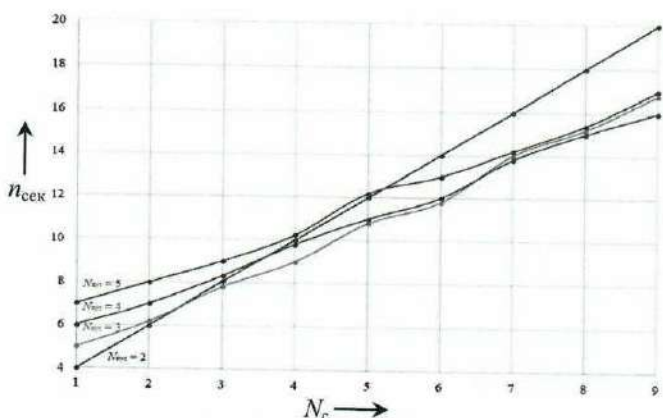


Рисунок 2 – Графическая интерпретация зависимости количества секций от числа укладываемых съездов и путей

При секционировании парковых путей требуется решить вопрос принципиальной реализуемости схемы с возможностью разбиения на $n_{сек}$ и полезных длин секций, не менее требуемых. Очевидно, что чем меньше длина секции, тем менее эффективно она будет использоваться. Таким образом, возникает вопрос о минимальной полезной длине секции. Необходима адаптация существующих длин путей сортировочного парка под эффективное использование малых назначений посредством секционирования.

Назначения, особенно маломощные, имеют различные разбросы значения величины потока. Следовательно, амплитуда колебания должна коррелировать с длиной секции. Практика показывает, что в условиях больших колебаний количества назначений необходимо иметь значительный запас полезной длины секции. Это связано с тем, что при одинаковом математическом ожидании маломощного назначения возможен большой разброс величины потока относительно среднего значения. Проведение дополнительных исследований позволит найти зависимость между числом секций и нерабочей длиной из-за исключения полезной длины путей сортировочного парка стрелочными зонами.

Экспертная оценка показывает, что соотношение нерабочей и полезной длин путей сортировочного парка не должно превышать 10 %. Поэтому можно показать, что затратные меры по секционированию путей позволят получить технологический и в конечном счете эко-

номический эффект из-за увеличения числа секций по назначениям. При соответствующей методике возможно найти наиболее рациональное разбиение $N_{пут}$ путей сортировочного парка на $n_{сек}$ секций, которое позволит получить максимальный эффект.

Возможно, не всегда удастся секционированием добиться равенства числа секций и числа назначений. Очевидно, что чем менее мощным является назначение, тем выше вероятность того, что выделение под него секций может не привести к достижению значимого эффекта. Однако в любом случае полученное решение будет более эффективным, чем существующее, так как число назначений плана формирования поездов для данной станции будет меньше, чем предлагаемое.

При незначительных объемах работы некоторая секция пути сортировочного парка может иметь скользящую специализацию, на которой возможно накопление вагонов на один путь необщего пользования, но с разделением по грузовым фронтам. Данные решения являются экономически выгодными не только для железной дороги в связи с уменьшением повторной сортировки, но и для клиента, так как у него сокращаются затраты, связанные с необходимостью производства дополнительных маневров по подборке вагонов для фронтов.

Разработанная технология может быть использована как в сортировочных, так и в сортировочно-отправочных парках грузовых станций, к которым приывает большое количество путей необщего пользования мелких клиентов. Следовательно, в данных парках необходимо выделять пути для обработки составов по отправлению и секционировать только сортировочные пути.

Определим продолжительность расформирования поезда с конкретным разложением по назначениям для некоторых исходных данных. Рассмотрим пример секционирования сортировочного парка, состоящего из 4 путей, каждый из которых разбивается на 4 секции. Нижний путь специализирован в качестве ходового (рисунок 3).



Рисунок 3 – Исходное состояние секционированного сортировочного парка при числе путей $N_{п} = 4$ и числе секций $n_{сек} = 4$

Распределение полезных длин путей сортировочного парка после секционирования приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика секционированных путей сортировочного парка

Полезная длина $L_{полз}$, м	Порядковые номера секций	Полезная длина секции, м				Нерабочая длина $L_{нер}$, м	Примечание
		1	2	3	4		
1052	13,14,15,16	310	250	240	150	102	–
1057	9,10,11,12	260	250	240	190	117	–
1057	5,6,7,8	210	250	240	240	117	–
1102	1,2,3,4	220	250	240	290	102	Ходовой

Для изучения технологии работы при расформировании поездов для заданных исходных данных вводится понятие «створ секций», рассматриваемый как группа

параллельно располагаемых секций на разных сортировочных путях.

В таблице 2 приведено разложение состава поезда № 3448 из $m = 20$ вагонов по секциям сортировочного парка. Для удобства цветом выделены назначения вагонов, приходящиеся на секции одного створа.

Таблица 2 – Разложение состава поезда по секциям сортировочного парка

Поезд № 3448		
№	Номер вагона	Порядковый номер секции
1	25264650	6
2	27888757	14
3	25987071	5
4	22916049	13
5	22353331	7
6	25962150	8
7	26887920	9
8	23801666	5
9	24964784	9
10	26560536	8
11	23179137	10
12	21715654	6
13	28692868	7
14	27249992	11
15	27873444	8
16	23985716	16
17	27282959	7
18	22154011	15
19	22763801	10
20	26438228	6

Расформирование состава производится путем осаживания вагонами вперед. Общая формула расчета времени расформирования маневрового состава $T_{рф}$ по секциям для n отцепов будет иметь следующий вид:

$$T_{рф} = (t_{рф})_n + (t_{рф})_{n-1} + (t_{рф})_{n-2} + \dots + (t_{рф})_1, \quad (4)$$

где $t_{рф}^n$ – технологическое время осаживания маневрового состава на путь и выезда за первый стрелочный перевод соответствующего створа секций, мин.

В общем виде время расформирования $(t_{рф})_n$ состоит из полурейсов осаживания $t_{н/р}^{ос}$, вытягивания $t_{н/р}^{выт}$, а также времени, необходимого для отцепки группы вагонов на пути $t_{отц}$:

$$(t_{рф})_n = t_{н/р}^{ос} + t_{н/р}^{выт} + t_{отц}. \quad (5)$$

В соответствии с правилами технической эксплуатации [7] все маневровые передвижения по железнодорожным станциям (следование поезда по маршрутам приема и отправления, подача и уборка поездного локомотива, расформирование состава) строго нормированы. Поэтому каждый полурейс определяется следующим аналитическим выражением:

$$t_{н/р}^{ос(выт)} = (\alpha_{рт} + \beta_{рт} m) \frac{v}{2} + 0,06 \frac{L}{v}, \quad (6)$$

где $\alpha_{рт}$ – коэффициент, учитывающий время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч при разгоне и торможении; $\alpha_{рт} = 0,0407$ мин/(км/ч); $\beta_{рт}$ – коэффициент, учитывающий дополни-

тельные изменения скорости движения, приходящиеся на один вагон в маневровом составе на 1 км/ч при разгоне и торможении; $\beta_{рт} = 0,0017$ мин/(км/ч); m – число вагонов в маневровом составе; v – допустимая скорость движения при маневрах, км/ч; $v = 25$ км/ч; L – длина полурейса, м.

Переменными величинами являются количество вагонов в процессе расформирования и длина маневровых полурейсов, то есть

$$T_{рф} = A + B \sum_{i=n}^1 m_i + C \sum_{i=1}^n L_i + D, \quad (7)$$

где A – суммирующий показатель, учитывающий время на передвижение маневрового локомотива независимо от количества вагонов в составе; $A = 0,50875$ мин; B – коэффициент, учитывающий время на передвижение маневрового состава в зависимости от имеющегося количества вагонов; $B = 0,02125$ мин/ваг.; C – коэффициент, учитывающий время на передвижение маневрового состава в зависимости от длины полурейса; $C = 0,0024$ мин/м; m_i – количество оставшихся в маневровом составе вагонов; L_i – длина i -го полурейса, м; D – суммирующий показатель, учитывающий дополнительные затраты времени при расформировании, мин.

Данная задача сводится к расчету продолжительности полурейсов вытягивания-осаживания маневровым локомотивом (МЛ) с учетом изменяющегося количества вагонов и длин полурейсов (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет продолжительности расформирования состава поезда № 3248

№ п/р	Операция	Полурейс		Длина полурейса, м	Количество вагонов	Продолжительность, мин
		начало	конец			
1	Заезд МЛ с вагонами на 6-ю секцию	ВП	6-я секция	570	20	2,30
2	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	6-я секция	Ходовой путь	520	19	2,16
3	Заезд МЛ с вагонами на 10-ю секцию	Ходовой путь	10-я секция	350	19	1,75
4	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	10-я секция	Ходовой путь	335	18	1,70
5	Заезд МЛ с вагонами на 15-ю секцию	Ходовой путь	15-я секция	630	18	2,40
6	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	15-я секция	Ходовой путь	615	17	2,35
7	Заезд МЛ с вагонами на 7-ю секцию	Ходовой путь	7-я секция	340	17	1,69
8	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	7-я секция	Ходовой путь	325	16	1,63
9	Заезд МЛ с вагонами на 16-ю секцию	Ходовой путь	16-я секция	530	16	2,12
10	Выезд МЛ с вагонами за 31-й СП	16-я секция	Ходовой путь	515	15	2,06
11	Заезд МЛ с вагонами на 8-ю секцию	Ходовой путь	8-я секция	300	15	1,55
12	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	8-я секция	Ходовой путь	480	14	1,96

№ п/р	Операция	Полурейс		Длина полурейса, м	Количество вагонов	Продолжительность, мин
		начало	конец			
13	Заезд МЛ с вагонами на 11-ю секцию	Ходовой путь	11-я секция	360	14	1,67
14	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	11-я секция	Ходовой путь	345	13	1,61
15	Заезд МЛ с вагонами на 7-ю секцию	Ходовой путь	7-я секция	280	13	1,46
16	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	7-я секция	Ходовой путь	520	12	2,01
17	Заезд МЛ с вагонами на 6-ю секцию	Ходовой путь	6-я секция	305	12	1,50
18	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	6-я секция	Ходовой путь	290	11	1,44
19	Заезд МЛ с вагонами на 10-ю секцию	Ходовой путь	10-я секция	360	11	1,61
20	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	10-я секция	Ходовой путь	345	10	1,55
21	Заезд МЛ с вагонами на 8-ю секцию	Ходовой путь	8-я секция	770	10	2,57
22	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	8-я секция	Ходовой путь	910	9	2,88
23	Заезд МЛ с вагонами на 9-ю секцию	Ходовой путь	9-я секция	350	9	1,54
24	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	9-я секция	Ходовой путь	335	8	1,48
25	Заезд МЛ с вагонами на 5-ю секцию	Ходовой путь	5-я секция	250	8	1,28
26	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	5-я секция	Ходовой путь	235	7	1,22
27	Заезд МЛ с вагонами на 9-ю секцию	Ходовой путь	9-я секция	335	7	1,46
28	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	9-я секция	Ходовой путь	320	6	1,40
29	Заезд МЛ с вагонами на 8-ю секцию	Ходовой путь	8-я секция	950	6	2,92
30	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	8-я секция	Ходовой путь	600	5	2,06
31	Заезд МЛ с вагонами на 7-ю секцию	Ходовой путь	7-я секция	280	5	1,29
32	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	7-я секция	Ходовой путь	585	4	2,00
33	Заезд МЛ с вагонами на 13-ю секцию	Ходовой путь	13-я секция	385	4	1,52
34	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	13-я секция	Ходовой путь	370	3	1,46
35	Заезд МЛ с вагонами на 5-ю секцию	Ходовой путь	5-я секция	250	3	1,17
36	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	5-я секция	Ходовой путь	235	2	1,12

№ п/р	Операция	Полурейс		Длина полурейса, м	Количество вагонов	Продолжительность, мин
		начало	конец			
37	Заезд МЛ с вагонами на 14-ю секцию	Ходовой путь	14-я секция	570	2	1,92
38	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	14-я секция	Ходовой путь	555	1	1,86
39	Заезд МЛ с вагонами на 6-ю секцию	Ходовой путь	6-я секция	310	1	1,27
40	Выезд МЛ за 1-й СП	6-я секция	ВП	545	—	1,82
ИТОГО						70,74

Для упорядочения процедуры определения длин маневровых полурейсов предлагается схему секционированных путей зафиксировать по координатам (рисунок 4).

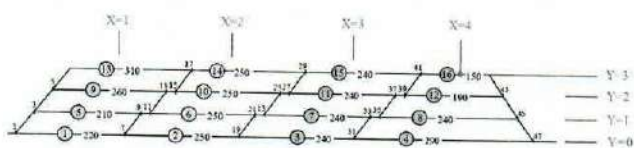


Рисунок 4 – Координатное определение секции в створе

Секция створа определяется двумя значениями соответствующих позиций координат. Створы секций нумеруются слева направо $X = 1, 2, 3, \dots$, а номера путей парка – снизу вверх от ходового пути $Y = 1, 2, 3, \dots$. Например, секция 16 определена координатами $X = 4, Y = 3$.

Таким образом, общую структуру секционированного парка можно определить матрицей с установленной полезной длиной каждой секции (таблица 4).

Таблица 4 – Матрица секций сортировочного парка

1,3	310	2,3	250	3,3	240	4,3	150
1,2	260	2,2	250	3,2	240	4,2	190
1,1	210	2,1	250	3,1	240	4,1	240
1,0	220	2,0	250	3,0	240	4,0	290

Нижняя строка матрицы определяет условные секции, которые занимает ходовой путь.

В общем виде длина полурейса передвижения локомотива с вагонами из секции (x_1, y_1) в секцию (x_2, y_2) в процессе расформирования состава имеет вид

$$L^{(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2)} = \frac{1}{2} L^{(x_1, y_1)} + \frac{1}{2} L^{(x_2, y_2)} + \sum_{i=0}^{|y_1 - y_2|} L^{i,0} + L_c(y_1 + y_2), \quad (8)$$

где L_c – длина съезда, м.

Таким образом, комплексное исследование топологии секционирования путей сортировочного парка позволит определить зоны эффективного применения данной технологии при различных конструктивных и технологических режимах работы станции. Важно сопоставить затраты, связанные с реконструкцией парка (укладка съездов, сокращение полезной длины сортировочных путей) с эффектом, достигаемым сокращением маневровой работы на повторную сортировку вагонов с назначениями, дополненными за счет секционирования

сортировочного парка. Следует отметить, что для модели, приведенной в данной статье, при расформировании поезда составом 20 вагонов (один вагон в отцепе) на 12 назначений общее время расформирования по 12 секциям составляет 71 мин. При расформировании приведенного состава на 4 несекционированные пути общее время технологических операций существенно возрастает вследствие необходимости производства дополнительных маневров по подборке вагонов ввиду превышения количества назначений поступающих вагонов над имеющимся числом сортировочных путей. Таким образом, использование предлагаемых технических и технологических решений позволит сократить продолжительность выполнения маневровых операций в процессе расформирования поездов.

Список литературы

1 Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. – М. : Транспорт, 1981. – 223 с.

2 Головнич, А. К. Автоматизация проектирования железнодорожных станций / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 202 с.

3 Железнодорожный транспорт : энциклопедия / Н. С. Конарев [и др.] ; под ред. Н. С. Конарева. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1994. – 559 с.

4 Захаров, В. А. Исследование технологии работы сортировочных станций методом моделирования процессов на ЭВМ : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.2008 / В. А. Захаров ; Бел. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Гомель, 1975. – 162 л.

5 Маслов, А. М. Техничко-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.2008 / А. М. Маслов ; Урал. гос. ун-т путей сообщения. – Екатеринбург, 2009. – 23 с.

6 Кендалл, М. Курс статистики : в 3 т. / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М. : Наука, 1976. – Т. 3 : Многомерный статистический анализ и временные ряды. – 736 с.

7 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 25.11.2015 г. № 52. – Минск : Бел. ж. д., 2015. – 516 с.

8 Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) : учеб. / Н. В. Правдин [и др.] ; под ред. Н. В. Правдина. – М. : ФГБОУ «УМЦ по образов. на ж.-д., трансп.», 2012. – 1086 с.

Получено 10.05.2018

E. A. Tereshchenko. Features of an operation technology of railway stations using a train's disbanding process on sectional sorting tracks.

The article shows the research of technology of operations at railway stations that have sectionalized sorting tracks. As an example, 4 path sections are identified for the 4 existing paths. Formulas for calculating the time for the train to be disbanded using the method of moving carriages down on special sections that correspond to their specialization are proposed.

УДК 728.5:625

А. В. ЕВСТРАТЕНКО, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПОЧТОВАЯ СТАНЦИЯ – ПРОТОТИП СОВРЕМЕННОГО ОБЪЕКТА ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА В БЕЛАРУСИ

В статье произведен ретроспективный анализ инфраструктуры дорог на территории Беларуси на примере объектов, которые можно считать прототипом современных предприятий придорожного сервиса. Несмотря на различие в обслуживаемых транспортных средствах и скоростях перемещения, сеть станций положила начало новой системе. Концептуальные основы ее формирования вновь могут стать актуальными и активно внедряемыми в современную практику проектирования комплекса придорожной инфраструктуры на территории Беларуси.

Особое место в градостроительной практике Беларуси занимает строительство придорожной инфраструктуры. Плотность дорожной сети общего пользования в Беларуси составляет 419 км на 1 тыс. км² территории и является одной из самых высоких среди стран – участниц Содружества Независимых Государств.

Придорожная инфраструктура в современном представлении – это организованная система, в которой все элементы в достаточной степени систематизированы и наделены определенными качественными и количественными свойствами. В связи с этим требуются новые, отвечающие ожиданиям пользователей и особенностям потребительского спроса подходы. В мировой истории есть немало примеров утерянного, однако вновь ставшего актуальным с поправками на изменившиеся условия. Это касается многих отраслей и направлений деятельности: медицины, права, искусства и прочих – и архитектура не исключение. Некоторые концептуальные основы современного формирования сети придорожного обслуживания на территории Беларуси можно обнаружить в системе, существовавшей более столетия назад.

Создание архитектурной формы как объектов придорожного обслуживания, так и иных сооружений происходит в тех условиях, в которых живет общество в настоящий момент. Со сменой вида транспортного средства и последовавшим стремительным развитием автомобилестроения и дорожной сети почтовые станции утратили свое значение, но положили начало новому типу предприятий. Автомобильный транспорт, ставший универсальным и неотъемлемым инструментом функционирования большинства отраслей хозяйства и жизни общества, позволил ускорить темп жизни и любой деятельности человека, однако при этом не изменились общие критерии, касающиеся потребностей пользователя дорог.

Почтовая станция – образец первого массового типового строительства объектов придорожного обслуживания на территории Беларуси. В деле регулярной доставки почтовой корреспонденции, перемещения людей и грузов по крупным путям сообщения данные объекты, подобно ямской гоньбе, имели решающее значение. На белорусских землях главным образом на шоссе дорог Санкт-Петербург – Киев и Москва – Варшава. На станции путник менял лошадей, получал пищу, отдых и ночлег, услуги ремонта экипажей. Для строительства почтовых станций был образован специальный

комитет, возведение велось в соответствии с «образцовыми» проектами и «Проектом о заведении почтовых станций и должности содержателей». Интервал размещения был регламентирован и составлял 15–25 верст. При этом перемещение на перекладных повозках осуществлялось со скоростью 40–50 км в сутки, дилижансов – 60–80, ломовых грузовых подвод – 15–20. Станции были трех разрядов. Объекты первого разряда возводились в пределах городского поселения и располагали императорскими покоями. Наименьшую площадь и упрощенную структуру имели станции третьего разряда. В Уставе строительном, размещенном в книге «Полная школа строительного искусства» [1], приведены основные требования к строительству почтовых станций. При назначении пунктов и размеров станционного дома нужно было учитывать размещение по отношению к большим городам, расстояние между станциями, удобство остановки. Оговаривалось, что не стоит строить там, где не может быть ни частных ночлегов, ни остановок проезжающих. Станции первого разряда должны были строиться в крупных населенных пунктах, станции второго и третьего разряда – в промежуточных. При учреждении в станционных домах гостиниц губернаторам надлежало наблюдать за тем, чтобы были установлены правила, сообразные существу этих заведений, без излишней роскоши, чистые. При этом редко учитывались местная ситуация и условия строительства [2]. На каждой почтовой станции устанавливался столб с названием и расстоянием до ближайшего города, главный фасад украшал государственный герб, выдаваемый губернатором лично почтосодержателю.

Первые почтовые станции, возведенные в Беларуси еще в XVIII в., были деревянными на каменных фундаментах, с весьма простым архитектурно-планировочным решением, более походившем на планировку жилища или небольшой корчмы. Однако при введении «образцовых» проектов и активном централизованном строительстве данных объектов был сформирован облик типового каменного станционного комплекса. Серии проектов почтовых станций издавались неоднократно. К станциям каждого разряда предлагалось несколько планировочных решений и различные решения фасадов. Например, изданная в 1843 году серия содержала 6 планов для домов третьего разряда и 18 вариантов фасадов к ним. Отсутствовала возможность индивидуализации облика станции и планировочной структуры местными специалистами. В качестве строительных материалов

использовались доступные местные. Например, в «образцовых» проектах станций для Восточной Сибири предлагалось возводить их исключительно из дерева.

В Беларуси сохранились образцы обустройства почтовых трактов. В настоящее время на территории страны насчитывается 37 почтовых станций, построенных в середине XIX в. Некоторые разрушены или близки к тому, другие эксплуатируются как жилые помещения, офисы дорожных служб или как объекты общественного назначения. Их исследование позволило определить основные приемы формирования облика типового придорожного заведения XIX в. Главный фасад станционных домов размещали вдоль дороги, что было продиктовано требованиями закона Российской Империи [3]. Одноэтажные сооружения такого типа возводились каменными (толщина стен – 0,8 м), с центральным входом, ведущим в короткий коридор, а далее во двор. Использовались центричная и центрично-осевая композиционные схемы. Прямоугольный в плане станционный дом представлял собой компактный, лаконично оформленный симметричный объем. Обширный четырехугольный двор с хозяйственными постройками по периметру и колодцем в центре обрамлялся каменным ограждением. Номенклатура помещений здания почтовой станции была минимальна – лишь самые необходимые комнаты с небольшим набором предметов интерьера. Имелось два входа: со стороны главного и дворового фасадов. Пространство станционного дома можно разделить на функциональные зоны: общественную (шинок с кухней), жилую (комната станционного смотрителя, помещение кучера, комната для постояльцев), вспомогательную (кладовая и ватерклозет (теплая уборная)), служебную (помещение для проверки документов), коммуникационную (общий коридор). Кроме того, в состав станционного комплекса входили хозяйственные постройки: конюшня, амбар, каретная или навес для экипажей, флигель для ямщиков.

Учитывая популярные стилевые направления в рассматриваемый исторический период, на территории Беларуси их строили в стиле неоклассицизма и неоготики, в ряде случаев эклектично сочетались черты различных стилей. Но существовали постройки, в которых присутствовали либо черты определенного стиля, равномерно распределенные по всему зданию, либо имелся один или несколько элементов избранного направления.

Здания, выполненные в стиле неоклассицизма, создают впечатление крайней простоты и чистоты линий. В архитектуре станционного дома использовались элементы, визуально увеличивающие вход в здание: аттик, портал, пилястровый портик или ризолит. Выразительность главного фасада создавалась путем использования профилированных карнизов (гезимсов), лучковых оконных проемов или же прямоугольных окон с лучковыми филенками над ними, а также сандрики с наличниками и подоконными элементами. Почтовые станции, оформленные в стиле неоготики (рисунок 1), отличались стрельчатыми оконными проемами и дверными порталами, лопатками в углах здания с нишами стрельчатой формы, а также остроконечным завершением столбов заборов. В редких случаях углы здания оформлялись ступенчатыми контрфорсами. Часто ограничивались выборочным украшением фасада готическим декором вроде стрельчатых арок.



Рисунок 1 – Здание почтовой станции. Деревня Сидоровичи. Могилевский район

Почтовые станции, являющиеся образцами псевдорусского стиля (византийско-русского направления), были весьма выразительны благодаря полукруглым оконным проемам с гирькой, активному применению прямоугольного или клиновидного руста в углах здания или же по всей плоскости главного фасада и по карнизу, выполненному в виде аркатурного пояса (рисунок 2).



Рисунок 2 – Здание почтовой станции. Деревня Фойна. Могилевский район

Характерной особенностью типовых станционных домов являлось практически повсеместное устройство навеса над входом, в котором кронштейны выполнялись в виде растительного орнамента. Фасад здания оштукатуривался и окрашивался в светлые тона. Комнаты постояльцев и прочие также оштукатуривались и покрывались краской, иногда оклеивались обоями. Для отделки стен флигеля использовалась глина. Пол был деревянным. Вальмовая крыша покрывалась тонкими деревянными пластинами – гонтом.

Станции принадлежали государству, однако сдавались в аренду частным лицам (изначально дворянам, позже – представителям всех сословий) в целях снижения затрат на их содержание. «Малозначительные починки», к которым относились работы внутри здания – ремонт «печи, окон, полов, потолка, дверей, замков, столов, стульев», снаружи – устранение течи в крыше, ремонт трубы и «все то, что к поддержанию хорошего устройства и для чистоты нужд потребно», производились содержателем за свой счет. «Большими починками» считалось устранение последствий разрушения

стен, крыши, ограды и всего строения «от гнилости или от случая, не подпадающие в вину почтосодержателя» производились за счет земских повинностей [4]. Как уже говорилось, право владения почтовыми станциями принадлежало государству, однако все услуги и товары, лошади, а также содержание объектов предоставлялись частными лицами.

В настоящее время нередко приходится слышать мнение о недостаточном количестве объектов придорожного сервиса в Беларуси, непривлекательном облике и несоответствии цены качеству услуг, в особенности в сравнении со странами-соседями. А между тем во времена существования почтовых станций многие современники, как например П. Шпилевский, отмечали хорошее состояние данных объектов на белорусских зем-

лях, «в особенности после маленьких, незавидных станций польских» [5]. Устройство белорусских трактов было лучше, чем во многих других российских губерниях.

Несмотря на общие основания и подходы к устройству объектов обслуживания у крупной дороги на различных исторических этапах отметим определенные структурные и архитектурно-планировочные особенности на примере наиболее значимых объектов – представителей придорожной инфраструктуры. К ним отнесем корчмы и постоялые дворы, почтовые станции и современные предприятия обслуживания вдоль автомобильных трасс. Проведем сопоставительный анализ указанных объектов и выявим общие и отличительные черты (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика корчем, почтовых станций, современных объектов придорожного сервиса на территории Беларуси

Корчма	Почтовая станция	Современный объект придорожного сервиса
Принадлежность (право владения)		
Преимущественно шляхта (сдача в аренду)	Государство (сдача в аренду)	Частный капитал, государственные объединения
Комплексность		
За редким исключением все необходимые услуги доступны на одном объекте	Все необходимые услуги доступны на одном объекте	Дифференциация объектов по виду предлагаемых услуг
Архитектурно-художественное решение		
Узнаваемая архитектура, связанная с архитектурой народного жилища	Узнаваемая типовая архитектура, проекты разрабатывались в Санкт-Петербурге и утверждались императором	Различное архитектурно-пространственное решение в зависимости от реализуемого проектного решения, индивидуальное проектирование
Использовался образ деревянного народного жилища	Облик здания решался в стиле (или с использованием элементов стиля) неоклассицизма, неоготики, псевдорусском	Многообразие формообразования и стилевых решений
Одно-, двухэтажные здания прямоугольной, П- или Т-образной конфигурации	Одноэтажные здания прямоугольной конфигурации	Разнообразие конфигураций зданий в один или два, редко три этажа
Планировочная структура, функционально-пространственное решение		
Типовое функциональное зонирование и объемно-планировочное решение		Индивидуальное функциональное зонирование и объемно-планировочное решение
Крытый круглый (веночный) или линейный (погонный) двор	Открытый четырехугольный двор	Чаще открытый четырехугольный двор или неогороженный участок
Конюшня и хозяйственные постройки составляли единый объем с главной постройкой	5–6 хозяйственных построек размещались по периметру двора	Отдельные постройки хозяйственного назначения обычно отсутствуют, их роль выполняют вспомогательные помещения
Одно помещение кухни и шинок		Кухня представлена несколькими помещениями, зачастую имеется несколько залов с различным числом посадочных мест
Отсутствовали крытые легкие постройки для посетителей		Часто устраиваются летние террасы, беседки
Строились с заездом и без заезда (соответственно с конюшней и без)	Постоянно имелась возможность заезда экипажей	Обязательно наличие парковки, в некоторых случаях имеются охраняемые стоянки
Принцип территориального размещения		
Размещались неравномерно, в пределах населенных пунктов	Размещались с соблюдением установленного нормативами интервала	Различные критерии выбора мест размещения (нормативный интервал, интенсивность транспортного потока, близость городов и объектов иного назначения и т. д.)
Расположение главного фасада вдоль дороги (фронтальная композиция)	Расположение главного фасада вдоль дороги (фронтальная композиция) с некоторым выступом вперед относительно рядовой застройки	Различные варианты размещения по отношению к автодороге (чаще фронтальная и объемная композиция)

Ретроспективный анализ позволяет выявить путь становления системы придорожной инфраструктуры в Беларуси, определить стратегию дальнейшего развития с учетом воздействующих факторов. Сравнительная характеристика современных объектов придорожного сервиса и объектов-предшественников, выполнявших практически те же функции в более ранние времена, позволила выявить особенности их архитектурного формирования на различных исторических этапах с определенными политическими, экономическими, социокультурными и иными условиями. С течением времени меняется структура потребительского спроса, однако безусловная необходимость решения многих задач по обеспечению безопасного и комфортного перемещения в процессе движения из начальной в конечные точки не может быть исключена. Технические и технологические инновации в производстве транспортных средств и устройстве путей сообщения стимулируют реформирование, и даже значительное переустройство всего обслуживающего комплекса. Сервис по поддержанию работоспособности транспортных средств формируется на основании конкретных эксплуатационных характеристик средств перемещения. Услуги, предоставляемые участникам дорожного движения и призванные удовлетворить физиологические и социальные потребности, в общем случае также будут всегда востребованы. Однако с повышением культуры потребления и расширением потребительского спроса, происходит обогащение сферы придорожных услуг новыми видами. Анализ мнения участников дорожного движения показал, что под качественным сервисом в настоящий момент понимается уже не только отношение обслуживающего персонала, скорость предоставления услуг и доступная стоимость, но и возросшие требования к экстерьеру и интерьеру объектов, широкой номенклатуре услуг, в том числе досугового характера, а также единообразию (узнаваемости и равномерности

размещения). Вновь отмечается постепенное регламентирование со стороны государственных органов размещения и наполнения объектов. В качестве имевших место ранее и обретших актуальность требований к предприятиям придорожного обслуживания можно выделить следующие: принципы равномерного распределения с установленным интервалом, комплексности (одна остановка – все необходимые услуги), узнаваемости (разработка требований к облику объекта).

Кроме того, в Беларуси есть пример реконструкции сохранившейся почтовой станции в целях организации в ней объекта придорожного сервиса, включающего пункты постоя и питания (д. Кузьмино, Городокский район, Витебская область, трасса М8). В данном случае реализовано историческое и утилитарное значение памятника гражданской архитектуры. Внимательное отношение к сохранившемуся наследию и использование исторического опыта придорожного обустройства важно в деле формирования современной инфраструктуры, обладающей национальными особенностями.

Список литературы

- 1 Полная школа строительного искусства : практ. самоучитель и руководитель ко всякого рода сооружениям и постройкам гор., загород. (дач.) и сел. зданий : Т. 1 / под ред. Асеева-Оскнер. – М., 1904. – С. 511–522.
- 2 Малков, И. Г. История архитектурного формирования объектов придорожного сервиса Беларуси и их современный облик / И. Г. Малков, А. В. Евстратенко // Архитектура и время. – № 5. – 2017. – С. 12–16.
- 3 Полное собрание законов Российской империи. Собр. 2. Т. XXIV : [В 2 отд-ниях]. – СПб., 1830. – С. 175.
- 4 НИА в г. Минске. – Ф. 299. – Оп. 5. – Д. 61. – Л. 65 об.
- 5 Заремский, В. Почтовые станции 1772–1914 гг. : зарождение придорожного сервиса в белорусских землях / В. Заремский // Працы цэнтра вывучэння гісторыі гандлю. – Мінск : Тэхналогія, 2015. – Вып. 1. – С. 125–135.

Получено 09.07.2018.

A. V. Evstratenko. Postal station is a prototype of the modern roadside service in Belarus.

The article presents a retrospective analysis of road infrastructure in Belarus on the example of objects that can be considered a prototype of modern enterprises of roadside service. Despite the difference in serviced vehicle and travel speeds, the network of stations initiated a new system. The conceptual basis of its formation can again become relevant and actively implemented into the modern practice of designing a complex of roadside infrastructure in Belarus.

УДК 656.222.4

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, Е. А. ФЕДОРОВ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, К. И. ГЕДРИС, заместитель начальника отдела технического обеспечения перевозочного процесса и организации работы станций, Белорусская железная дорога, г. Минск

ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВАГОНОВ НА ИНФРАСТРУКТУРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССНО-ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА

Изложены принципы формирования системы показателей процессно-объектной оценки и анализа организации перемещения вагонов на инфраструктуре железнодорожного транспорта. Определены базисные показатели и их декомпозиция, обеспечивающая соответствие технологическим документам, регламентирующим перевозочный процесс на инфраструктуре: плану формирования поездов, графику движения поездов, системе эксплуатации локомотивов, локомотивных бригад, обеспечения гарантированного безопасного следования вагонов. Идентифицированы уровни анализа по признакам перевозочной деятельности, соответствующим функциональным уровням и содержанию задач управления.

Условия перемещения вагонопотоков на полигоне инфраструктуры железнодорожного транспорта регламентируются планом формирования (ПФ) поездов, который устанавливает маршруты и порядок следования вагонопотоков между станциями сети железнодорожной инфраструктуры. ПФ должен обеспечивать снижение издержек железных дорог, связанных с движением вагонов в поездах по участкам и простоями на станциях, выполнением технических и грузовых операций, содержанием инфраструктуры и штата, а также снижение штрафных выплат за несвоевременную доставку грузов, неподачу порожних вагонов и несохранные перевозки.

График движения поездов (ГДП) как способ организации движения поездов на полигоне инфраструктуры должен обеспечивать комплексное, основанное на плане формирования поездов, взаимодействие станций и участков инфраструктуры, локомотивного и вагонного комплексов, направленное на выполнение основной логистической цели функционирования железнодорожного транспорта – обеспечения перевозок грузов между станциями в установленные договорными отношениями с клиентами сроки.

Осуществляемая в настоящее время реструктуризация системы управления перевозочным процессом на большинстве железных дорог предполагает переход на безотделенческую структуру, направленную на реализацию полигонных технологий, обеспечивающих согласованное управление железнодорожными участками и станциями инфраструктуры на устойчивых направлениях следования вагонопотоков. Использование такого подхода соответствует процессно-объектным принципам организации движения поездов на инфраструктуре, при котором объектом управления является процесс перемещения подвижных единиц (вагонов, поездов) по маршрутам их следования на полигоне инфраструктуры [8]. Деятельность объектов инфраструктуры (железнодорожных станций и участков) при этом рассматривается с позиции качества реализации процесса.

Переход на процессно-объектные методы организации и управления движением на инфраструктуре железной дороги обеспечивает соответствие условий продвижения транспортных потоков (грузов, вагонов, поездов), устанавливаемых базовыми технологическими документами: планом формирования и графиком движения грузовых поездов [1]. ГДП сможет играть регла-

ментирующую роль основы организации движения поездов лишь тогда, когда будет достигнуто его соответствие реальным условиям организации поездной работы [4]. Одним из существенных препятствий для этого в грузовом движении является отсутствие инструментов анализа и оценки соответствия разрабатываемых систем организации вагонопотоков (плана формирования поездов) и поездопотоков (графика движения поездов), а также качества их реализации аппаратом оперативного управления в процессе транспортной деятельности.

Система оценки и анализа выполнения ПФ грузовых поездов должна устанавливать влияние функционирования объектов инфраструктуры (железнодорожных станций и участков) на процессы продвижения и переработки вагонопотоков на маршрутах следования.

Распространенная в настоящее время система показателей эксплуатационной работы железнодорожного транспорта ориентирована на административно-функциональную структуру транспортного комплекса, что соответствует традиционному (объектному) подходу к управлению движением, в котором объектом управления является, как правило, некая административная единица инфраструктуры (железнодорожная станция, участок, отделение дороги, дирекция и т.п.), качество функционирования которой оценивается балансовыми обобщенными показателями. Получаемые в результате усредненные значения показателей не позволяют достоверно планировать параметры перемещения вагонопотоков на инфраструктуре, что обуславливает использование применяемых в настоящее время завышенных нормативов сроков доставки грузов и значительный дисбаланс этих величин для различных назначений вагонопотоков на инфраструктуре. Так, на Белорусской железной дороге установлена максимальная гарантированная скорость перевозки грузов – 420 тарифных км/сут. При этом для специализированных контейнерных поездов обеспечивается скорость 1400 км/сут.

Очевидно, что значительное влияние на скорость перевозки оказывают простои вагонов на станциях, предусмотренных ПФ, а также ряд других факторов, обусловленных техническими возможностями инфраструктуры, структурой и размерами вагонопотоков, системой эксплуатации локомотивов и вагонов, взаимодействием с пограничными и таможенными органами и др. Оценить фактическое влияние указанных факторов на продвижение вагонопотоков и поездопотоков на

конкретных направлениях следования в рамках существующей системы показателей эксплуатационной работы не представляется возможным.

Управленческая деятельность по организации перевозочного процесса в существующих условиях связана со значительной долей экспертных решений, вызванной отсутствием потребного уровня детализации информации. В ряде случаев для выработки решений возникает необходимость сбора и анализа дополнительных данных о параметрах перемещения конкретных потоков по инфраструктуре железной дороги, что приводит к увеличению времени принятия решений и, соответственно, их обесцениванию.

Объектная ориентация используемой системы расчета показателей эксплуатационной работы приводит также к возникновению неопределенности при расчете базового ПФ на инфраструктуре за счет значительного разброса отклонений расчетных фактических значений параметров ПФ для различных корреспонденций вагонопотоков. Вследствие этого аппаратами управления железных дорог принимается значительное количество корректировок ПФ в процессе его реализации, а отправление поездов повышенной транзитности является нормальной повсеместной практикой организации поездной работы.

Очевидно, что ПФ в данном случае не может выступать основой для разработки сквозного графика движения поездов, соответствующего структуре ПФ, так как не учитывает значительное количество поездо-станций, требующих увязки на графике. Вследствие этого в большинстве случаев увязка сквозных ниток ГДП между участками следования поездов носит формальный характер, что понижает значимость ГДП как комплексной основы организации движения поездов на полигоне инфраструктуры [7].

Исследование выполнения плана формирования организованных поездов (без учета маршрутизации) железнодорожными станциями выявил необходимость актуализации исходных параметров ПФ. Например, анализ отчетных данных показал, что на железнодорожных станциях в отдельные периоды времени формировались поезда на назначения более дальние, чем предусмотрено

ПФ (рисунок 1). 71 % поездных назначений мощностью более 20 поездов/месяц формировался как минимум на одну техническую станцию дальше, чем предусмотрено действующим планом формирования.

Оценка организации движения поездов по графику и, соответственно, достижения заложенной ПФ эффективности перевозочного процесса выполнена для ниток поездных назначений, соответствующих базовому ПФ, как соответствующие заложенной в нормативном графике технологии организации движения поездов. На рисунке 2 приведен пример для ниток одного из сквозных поездных назначений Белорусской железной дороги, включающих две транзитные технические станции.

Из рисунка 2 видно, что значительное количество транзитных поездов анализируемого назначения на технических станциях простаивает с превышением нормативов, установленных на их обслуживание технологическим процессом станции. При этом превышение простоя в 49 % случаев не превышает 20 мин, что обеспечивается высоким уровнем резервных расписаний за счет сложившейся разницы в потребной и наличной, закладываемой в нормативном графике движения, пропускной способности. В 18,8 % случаев превышение простоя составляет от 20 до 50 мин, а в 10,2 % случаев – 80–110 мин. В 17,4 % случаев превышение простоя по отношению к установленным нормам превысило 120 мин и, очевидно, было допущено не по вине системы организации движения поездов.

Одним из обязательных условий для разрешения сложившихся противоречий ПФ и ГДП является переход к процессно-объектной методологии оценки реализации плана формирования поездов, позволяющей перейти от количественной к качественной системе оценки соответствия организации вагонопотоков и движения поездов на полигоне инфраструктуры, а также анализу качества реализации процессов перемещения вагон- и поездопотоков на полигоне инфраструктуры, основанном на показателях, характеризующих транспортный процесс по заданным направлениям перемещения, а не обобщенные параметры функционирования объектов инфраструктуры и их административно-территориальных объединений.

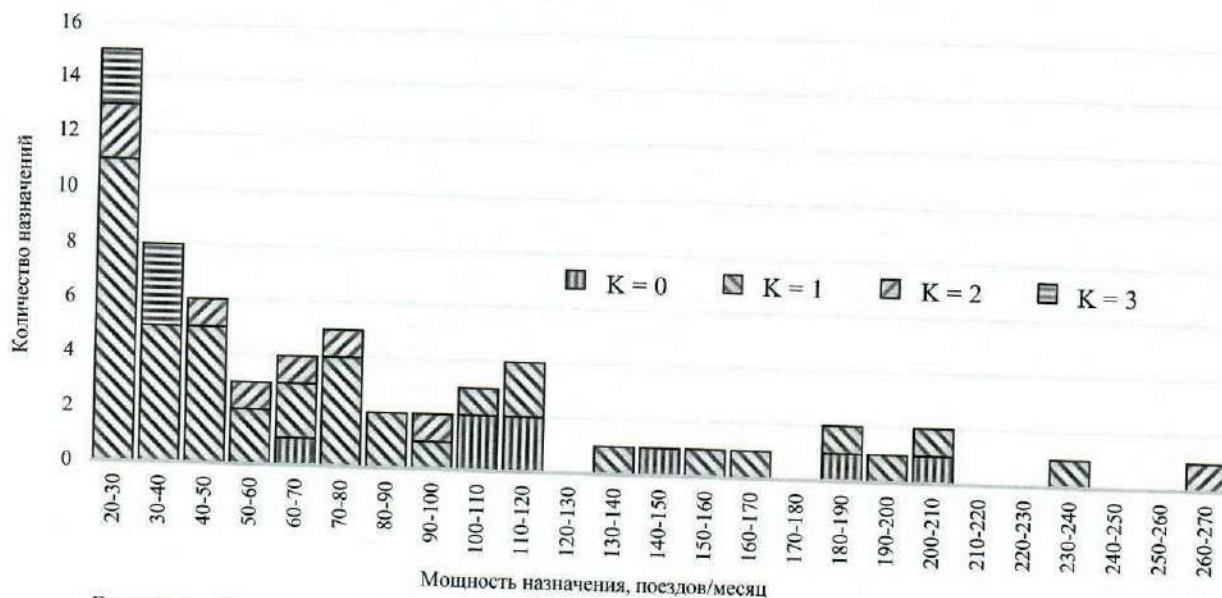


Рисунок 1 – Распределение поездных назначений с повышением транзитности на K технических станций

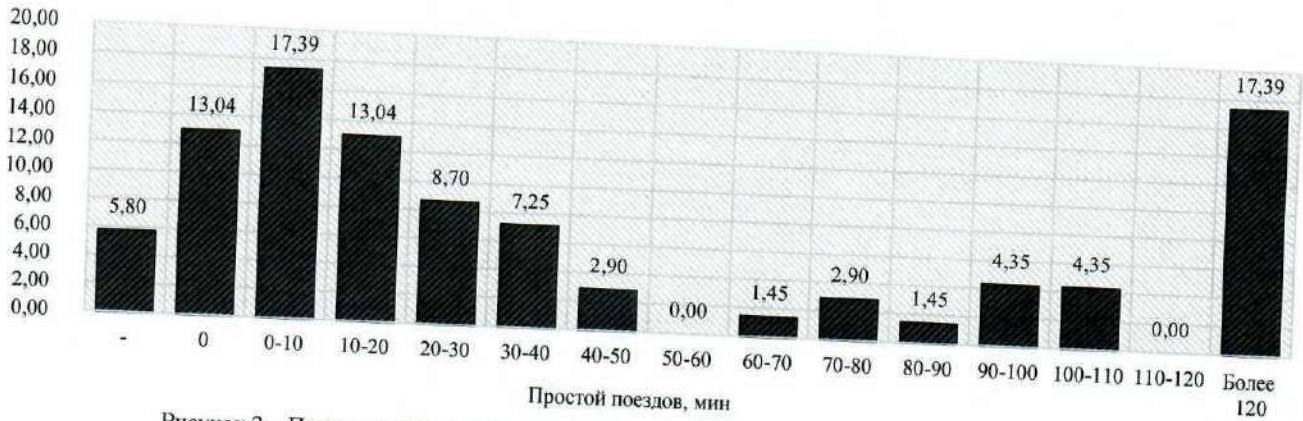


Рисунок 2 – Превышение нормативов простоя транзитных поездов анализируемого назначения на технических станциях без переработки (в процентах)

Развитие комплекса информационных технологий Белорусской железной дороги в настоящее время обеспечивает необходимый базис для перехода на процессно-объектную методологию оценки качества реализации ПФ и ГДП. В рамках разрабатываемой в настоящее время Автоматизированной системы «Пономерного расчета показателей использования вагонного парка» (АС ПРП) предусмотрена детализация вагонной и поездной моделей дороги на уровне, достаточном для определения показателей использования вагонов на полигоне инфраструктуры процессно-объектным методом.

Целевым комплексным показателем системы оценки реализации ПФ на инфраструктуре железнодорожного транспорта может выступать показатель «Скорость перемещения вагона на маршруте следования», соблюдение предельных значений которой обеспечивает выполнение заявленных условий перевозки грузов и порожних вагонов.

Скорость перемещения вагона на маршруте следования $v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}}$ определяется отношением длины фактического следования вагона по полигону инфраструктуры $L_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{ск}})}^{\text{м}}$ ко времени $T_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{ск}})}^{\text{м}}$, определяемому от момента включения его в перевозочный процесс на начальной станции (или стыковом пункте инфраструктуры) маршрута $s_{\text{пр}}^{\text{пер}}$ до исключения из перевозочного процесса на конечной станции (или стыковом пункте инфраструктуры) маршрута следования $s_{\text{ск}}^{\text{пер}}$:

$$v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}} = \frac{L_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{ск}})}^{\text{м}}}{T_{(s_{\text{пр}}; s_{\text{ск}})}^{\text{м}}} \quad (1)$$

Идентификация включения вагонов в перевозочный процесс осуществляется при поступлении в вагонную модель дороги информации:

- для груженых вагонов: уборка вагона после погрузки с мест общего и необщего пользования; прием вагона по стыковому пункту инфраструктуры;

- для порожних вагонов: присвоение станции назначения порожнему вагону инвентарного парка; уборка собственного или арендованного вагона после выгрузки с путей общего и необщего пользования; уборка собственного или арендованного вагона с пунктов подго-

товки под погрузку или ремонта вагонов; прием вагона по стыковому пункту инфраструктуры.

Идентификация исключения вагона из перевозочного процесса осуществляется при поступлении в вагонную модель дороги информации:

- для груженых вагонов: подача вагона под выгрузку на места общего и необщего пользования; сдача вагона по стыковому пункту инфраструктуры;
- для порожних вагонов: изменение станции назначения порожнему вагону инвентарного парка; отставление порожнего вагона инвентарного парка от движения; подача вагона под погрузку на пути общего и необщего пользования; подача вагона на пункты подготовки под погрузку или ремонта вагонов; сдача вагона по стыковому пункту инфраструктуры.

Декомпозиция маршрута следования вагона по инфраструктуре осуществляется в зависимости от поставленных целей анализа. При оценке реализации ПФ поездов декомпозиция производится по назначениям ПФ поездов $(p; q)$, в которые включается вагон на маршруте следования; станциям включения $s_{\text{пр}}^{\text{пер}}$ и исключения $s_{\text{ск}}^{\text{пер}}$ вагона из перевозочного процесса; станциям переработки вагонов в пути следования $\{s_{\text{пер}}^{\text{тр}}\}$.

Тогда скорость перевозки вагона на маршруте следования $v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}}$ для целей анализа может быть представлена как

$$v_{\text{ваг}}^{\text{м.сл}} = \frac{L_{s_{\text{пр}}^{\text{пер}}; s_{\text{ск}}^{\text{пер}}}^{\text{м}}}{T_{s_{\text{пр}}^{\text{пер}}}^{\text{м}} + \sum_{p=s_{\text{пр}}^{\text{пер}}}^{q=s_{\text{ск}}^{\text{пер}}} T_{(p; q)} + \sum_{l=1}^n T_{s_{\text{пер}}^{\text{тр}}} + T_{s_{\text{ск}}^{\text{пер}}}^{\text{м}}}, \quad (2)$$

где $T_{(p; q)}$ – время следования вагона по назначению ПФ $(p; q)$; $T_{s_{\text{пер}}^{\text{тр}}}$ – время нахождения вагона на технической станции маршрута следования с переработкой $s_{\text{пер}}^{\text{тр}}$.

Качественным показателем оценки организации движения поездов и перемещения вагонов по назначениям ПФ является «Скорость на назначении плана формирования»:

$$v_{(p; q)} = \frac{L_{(p; q)}}{\sum_{s_i=p}^{s_j=q} T_{(s_i^{(p; q)}; s_j^{(p; q)})} + \sum_{l=1}^n T_{s_{\text{пер}}^{\text{тр}}}}, \quad (3)$$

где $L_{(p; q)}$ – длина маршрута следования поездов по назначению ПФ ($p; q$); $T_{с.пер}$ – время стоянки поездов назначения ($p; q$) на технической станции выполнения технологических операций с поездом $s_{б.пер}^{тр}$; $T_{(s_i^{(p,q)}; s_j^{(p,q)})}$ – время следования поезда по участкам между смежными станциями формирования, расформирования и выполнения технологических операций, установленными маршрутом следования назначения ПФ.

Время следования поезда между станциями выполнения технологических операций, предусмотренных маршрутом следования (операторское время) характеризует качество согласования ниток ГДП между соседними графиковыми участками при сквозном пропуске поездопотоков, и определяется по формуле

$$T_{(s_i^{(p,q)}; s_j^{(p,q)})} = \sum_{s_m^{НДУ} = s_i^{(p,q)}}^{s_m^{КДУ} = s_j^{(p,q)}} \frac{L_{(s_m^{НДУ}; s_m^{КДУ})}}{V_{(s_m^{НДУ}; s_m^{КДУ})}^{уч}} + \sum_{m=2}^{n_{s_m^{КДУ} = s_j^{(p,q)}}} T_{s_m^{НДУ}}, \quad (4)$$

где $L_{(s_m^{НДУ}; s_m^{КДУ})}$ – эксплуатационное расстояние между ограничивающими станциями начала $s_m^{НДУ}$ и конца $s_m^{КДУ}$ маршрута следования по графиковому участку; $V_{(s_m^{НДУ}; s_m^{КДУ})}^{уч}$ – участковая скорость поезда на графиковом участке; $T_{s_m^{НДУ}}$ – простой поезда на станциях стыковки

графиковых участков, входящих в участок маршрута следования поездного назначения между станциями выполнения технологических операций.

Для вагонов, следующих в составах местных поездов, простои на промежуточных станциях, на которых к этим поездам выполняется прицепка-отцепка вагонов, приравниваются к простоям без переработки:

$$T_{с.пр.отц}^{пр.отц} = T_{с.пр}^{пр.отц}. \quad (5)$$

При определении агрегированных показателей в рамках предложенной системы декомпозиции скорости перевозки вагона на маршруте следования, в приведенных формулах используются средние значения времени для выделенной категории анализа.

Расчет показателей в рамках предложенной декомпозиции обеспечивает соответствие системы оценки качества полигоном технологиям организации и управления перевозочной деятельностью, основанной на процессно-объектных методах.

При этом обеспечивается соответствие показателей технологическим документам, регламентирующим перевозочный процесс на инфраструктуре: плану формирования поездов, графику движения поездов, системе эксплуатации локомотивов, локомотивных бригад, системе обеспечения гарантированного безопасного следования вагонов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Структура объектов комплексной оценки качества перемещения вагонов на полигоне инфраструктуры железнодорожного транспорта

Предлагаемая система обеспечивает возможность оценки деятельности объектов инфраструктуры исходя из показателей качества управленческой деятельности при организации и реализации процессов перемещения управляемых объектов (поездов, вагонов) по субъектам транспортного процесса.

Уровни анализа определяются по признакам перевозочной деятельности, соответствующим функциональным уровням и содержанию задач управления:

– организация вагонопотоков: заявка на перевозку груза, поездное назначение ПФ;

– организация поездопотоков: нитка ГДП, поездная заявка, диспетчерский участок, техническая станция, железнодорожное направление;

– система обращения локомотивов и бригад: тип локомотивов, тип тяги, полигон обращения локомотивов, участок работы локомотивных бригад;

– участники транспортного процесса: клиент, оператор инфраструктуры, перевозчик, оператор вагонного парка, железнодорожная администрация, экспедитор и т.п.;

– административно-территориальное управление: дистанция комплекса технических устройств инфра-

структуры; отделение дороги, служба (дирекция), дорога, группа железных дорог.

Агрегирование показателей по признакам, соответствующим структуре рынка железнодорожных перевозок и системе управления перевозочным процессом обеспечивает комплексность и единство данных в системе анализа эксплуатационной работы. Тем самым повышается эффективность процесса выработки и реализации управляющих воздействий в сфере перевозочной деятельности за счет повышения актуальности и степени согласованности данных о всех компонентах процессов перемещения вагонов и поездов на маршрутах их следования по инфраструктуре железнодорожного транспорта.

Список литературы

- 1 **Бородин, А. Ф.** Эксплуатационная работа железнодорожных направлений / А. Ф. Бородин // Труды ВНИИАС. Вып. 6. – М. : ВНИИАС, 2008. – 320 с.
- 2 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге : [утв. приказом заместителя Начальника Белорусской ж. д. от 30.12.2013 г. № 1294НЗ]. – Минск : Белорусская ж. д., 2013. – 320 с.
- 3 **Негрей, В. Я.** Расчетные вагонопотоки для разработки плана формирования поездов / В. Я. Негрей, С. В. Дорош-

Получено 10.09.2017

V. G. Kuznetsov, E. A. Fedorov, K. I. Gedris. Assessment of the organization of wagons displacement on infrastructure with application of process-object approach.

The principles for the formation of a system of indicators of process-object evaluation and analysis of the organization of moving wagons on the infrastructure of railway transport are outlined. The basic indicators and their decomposition, ensuring compliance with technological documents regulating the transportation process on the infrastructure are determined: the train formation plan, the train schedule, the locomotive crews and locomotive operation system, and the guaranteed safe wagons follow-up system. Levels of analysis on the criteria of transportation activity, corresponding to the functional levels and content of management tasks, were identified.

ко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 2. – С. 26–31.

4 Правила технической эксплуатации железной дороги в Республике Беларусь : [утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 25.11.2015 № 52]. – Минск : Белорусская ж. д., 2016. – 479 с.

5 **Репин, В. В.** Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Ковалев. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.

6 **Фёдоров, Е. А.** Информационное обеспечение процессно-объектной модели разработки графика движения поездов на инфраструктуре железной дороги / Е. А. Фёдоров // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС-2016) : материалы Междунар. науч. конф. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 38–39.

7 **Фёдоров, Е. А.** Оценка разработки и выполнения графика движения поездов с учетом плана формирования // Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом : сб. тр. Междунар. практ. конф. / под общ. ред. В. Н. Морозова и Ю. О. Позойского. – М. : ВИНТИ РАН, 2015. – С. 112–113.

8 **Фёдоров, Е. А.** Процессное моделирование разработки графика движения поездов / Е. А. Фёдоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2. – С. 70–72.

9 **Фёдоров, Е. А.** Структурная композиция транспортных потоков при их интеграции в поездообразование и график движения поездов / Е. А. Фёдоров // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 1. – С. 55–60.

УДК 656.07

А. А. ХОРОШЕВИЧ, аспирант, С. А. ПЕЛИХ, доктор экономических наук, Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск

РАЗВИТИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА КАК НЕОБХОДИМОГО ЭЛЕМЕНТА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Отражены возможные варианты развития экономики транспорта Российской Федерации и Республики Беларусь в среднесрочной и долгосрочной перспективе, в рамках которых обоснована целесообразность повышения эффективности перевозок по территории Беларуси. В качестве основного направления повышения качества перевозок предложена организация высокоскоростного движения на конкретных участках железнодорожных путей.

Введение. Современный этап развития международных отношений характеризуется двумя основными разнонаправленными процессами: с одной стороны, наблюдается активное создание интеграционных объединений, с другой – некоторое обособление экономик отдельных стран, направленное на обеспечение максимальной экономической безопасности. При этом целью первого и второго направлений является получение исключительных конкурентных преимуществ, позволяющих выигрывать в борьбе за международные рынки.

Как и любые глобальные тенденции, выявленные веяния оказывают значительное влияние на открытую экономику Республики Беларусь. Так, результатом активизации интеграционных процессов стало создание ЕАЭС – международного экономического объединения, появившегося на базе Таможенного союза и Единого экономического пространства и функционирующего с января 2015 года. Сейчас членами ЕАЭС являются Россия, Армения, Беларусь, Казахстан и Киргизия. В итоге проявления тенденции обособления (в первую очередь экономики Российской Федерации, обусловленного введенными в адрес данной страны санкциями) произошло изменение объемов и структуры товарных потоков, следующих через территорию Беларуси.

Наблюдающиеся трансформации могут быть в значительной степени объяснены сложившимися внешне-торговыми связями, характеризующимися преобладанием торговых отношений с Российской Федерацией, которая исторически является стратегическим партнером Республики Беларусь и основным поставщиком ресурсов, что обуславливает высокую степень зависимости белорусской экономики от направлений развития, реализуемых в России. В сложившихся экономических и политических условиях, особенно актуальным для Беларуси является определение отраслей, развитие которых было бы целесообразным при любом курсе развития Российской Федерации.

В настоящее время перед Российской Федерацией стоит проблема выбора одного из двух векторов развития:

– дальнейшего углубления автономии и перехода к автаркии (экономическому режиму самообеспечения страны, в котором минимизируется внешний товарный оборот) как продолжения ранее представленного ответа на введенные санкции (ограничение импорта продовольствия);

– установления благоприятного климата для взаимного сотрудничества со странами Европы и повышения объемов внешней торговли, в том числе сырьевыми ресурсами.

В основе реализации каждого из данных векторов лежит свой политический курс и алгоритм экономического развития, который в условиях сближения экономик России, Армении, Беларуси, Казахстана и Киргизии в рамках ЕАЭС станет не просто программой развития отдельной страны, а долгосрочным планом функционирования интеграционного объединения, являющимся особенно актуальным в условиях глобализации мирового торгово-экономического пространства. При этом для Беларуси важно развитие отраслей, успешное функционирование которых будет необходимо в любом из выбранных вариантов. Для Республики Беларусь, получающей значительные преимущества от географического положения, одной из таких отраслей являются грузовые перевозки, в том числе перевозки железнодорожным транспортом. Как в условиях установления автаркии, так и в условиях восстановления тесного сотрудничества со странами Запада будет наблюдаться необходимость стабильного функционирования железнодорожного транспорта страны, предполагающего качественную доставку грузов в кратчайшие сроки, что возможно лишь при развитии высокоскоростной железной дороги. Так, при выборе варианта развития, предполагающего восстановление внешнеторговых отношений с европейскими странами, весьма актуальной станет реализация выдвинутой Китайской Народной Республикой глобальной концепции Шелкового пути, адаптированной к реалиям XXI века и получившей название «Один пояс – один путь». Современный вариант Шелкового пути направлен на организацию прямых перевозок грузов из Китая в страны Европы по суше («Экономический пояс Шелкового пути») и по морю («Морской путь XXI века»). Реализация сухопутной части проекта обуславливает необходимость реализации ряда инфраструктурных проектов, в том числе улучшения железных дорог и автотрасс [1, с. 16–17].

По территории Республики Беларусь Шелковый путь пройдет по второму общеевропейскому транспортному коридору, пролегающему по городам Орша, Минск, Барановичи, Брест в направлении Польши. Также будут задействованы железнодорожные пути, относимые к девятому общеевропейскому транспортному коридору и идущие по направлению Украина – Литва. В настоящее время данные пути позволяют осуществлять высокоскоростные перевозки грузов, т. е. при реализации инициативы «Экономический пояс Шелкового пути» Беларусь сможет обеспечить качественную доставку грузов по обозначенным направлениям.

Однако наряду с основными направлениями перевозок важно предоставление возможности разнонаправленного распределения приходящих грузопотоков, что возможно лишь при строительстве высокоскоростных магистралей и по второстепенным направлениям, являющимся частью инфраструктурных проектов стран-соседей. Особое значение имеет реализация проекта «Зубр» (ZUBR), в рамках которого железнодорожный маршрут прокладывается по территории Республики Беларусь так, что предоставляется возможность не только проведения грузопотоков из России в Польшу, но и грузопотоков, следующих из Китая через территорию Украины (с Ильчевского порта) по направлению Европейского союза [2, с. 84]. Кроме того, в рамках данных путей возможно перераспределение грузов, следующих с территории России в направлении Украины и Латвии (рисунок 1).



Рисунок 1 – Маршрут обеспечения экспортно-импортных перевозок через порты Балтийского и Черного морей контейнерными поездами ZUBR

Таким образом, при реализации Российской Федерацией политики тесного взаимодействия с различными странами и участия в проекте «Экономический пояс Шелкового пути» для Республики Беларусь важно развитие железнодорожных путей по направлениям Орша – Витебск – Полоцк – Бигосово – граница с Латвией и Орша – Могилев – Жлобин в направлении их электрификации и организации высокоскоростной доставки грузов.

Электрификация путей Орша – Могилев – Жлобин необходима также в случае автономного развития Российской Федерации в рамках ЕАЭС или Союзного государства, что, по мнению ряда ученых, вполне вероятно в сложившихся политических условиях. В данном случае основой экономики обеих стран Союзного государства станут вертикально интегрированные структуры, представляющие собой экономическое, финансовое и организационное слияние независимых ранее хозяйствующих субъектов, участвующих на разных технологических стадиях производственного процесса в производстве, распределении и сбыте продукции с целью получения дополнительных конкурентных преимуществ на рынке [3, с. 4]. Организационными формами вертикально интегрированных хозяйствующих субъектов могут выступать такие, как холдинговая компания, вертикально интегрированный концерн, стратегический альянс и транснациональная корпорация (ТНК).

В целом формирование вертикально интегрированных структур представляет собой целенаправленный процесс, обеспечивающий достижение стратегических целей развития предприятий и отраслей. На современном этапе развития экономики России, создание вертикально интегрированных концернов и холдингов является весьма эффективным способом повышения конку-

рентоспособности продукции и страны в целом. При этом в условиях развития Союзного государства довольно значительные объемы переработки будут происходить на территории Республики Беларусь. В данном случае возможно возрождение схемы взаимодействия стран, предполагающей поступление больших объемов сырья в белорусский «сборочный цех» с целью производства конечного продукта.

Таким образом, организация интегрированных структур в рамках Союзного государства предполагает значительные потоки сырья в Республику Беларусь и обратные потоки готовой продукции в Российскую Федерацию, которые должны иметь хорошее инфраструктурное обеспечение, т. е. должно быть организовано такое транспортное сообщение, которое позволяло бы быстро и качественно доставлять грузы между странами. В целом в условиях автаркии кроме развития ранее предложенных направлений важна электрификация направлений Барановичи – Лунинец – Калинковичи и Калинковичи – Гомель – Закопытье, в рамках которых возможна организация высокоскоростных грузовых перевозок с территории Российской Федерации через г. Брянск.

Обобщение и графическое представление перспективных направлений на карте железнодорожных линий позволяет сформировать перспективный план развития высокоскоростного электрического железнодорожного транспорта в Республике Беларусь (рисунок 2).



Рисунок 2 – Перспективный план электрификации железной дороги

Предложенный план позволит организовать на территории страны качественное транспортное сообщение и обеспечить быструю доставку грузов в больших объемах, что в любом из вариантов развития России и ЕАЭС позволит получить определенные конкурентные преимущества.

Целесообразность мероприятий по развитию высокоскоростного электрического железнодорожного транспорта в стране в современных экономических и политических условиях можно обосновать при рассмотрении одного из перспективных направлений – Орша – Могилев – Жлобин. Выбор именно данного участка железной дороги обусловлен его повышенной эксплуатацией как в случае развития взаимоотношений России со странами Европейского союза, так и в случае обособления страны (в данном случае рост будет обусловлен наличием крупных перерабатывающих предприятий по пути следования).

Стоит отметить, что по предварительным оценкам специалистов Белорусской железной дороги электри-

фикация данного участка обойдется в 95,04 млн руб. с НДС. Кроме того, для закупки нового подвижного состава дополнительно будет затрачено 43,68 млн руб. Совокупные плановые инвестиции в электрификацию участка Орша – Могилев – Жлобин в данном случае составят 138,72 млн руб. Эффектом от проведения мероприятий и повышения качества оказываемых услуг по перевозке грузов станет рост грузооборота. С целью оценки получаемого эффекта важно представить текущую статистику по данному направлению в разрезе его участков в 2015 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Грузооборот участков

Участок	Грузооборот по ввозу, тыс. т·км по направлениям		Грузооборот в транзитном сообщении, тыс. т·км нетто
	четное	нечетное	
Орша – Могилев	17527	62383	49868
Могилев – Жлобин	47521	169046	66386

Следует отметить, что на участке Орша – Могилев грузооборот в транзитном сообщении в 2015 г. составил: в нечетном направлении – 7325, в четном – 42543, а грузооборот по вывозу – 154102 тыс. т·км нетто (в т. ч. по направлениям: нечетное – 33618, четное – 120483 тыс. т·км нетто). В нечетном направлении местного сообщения на участке Орша – Могилев было освоено 103386 тыс. т·км нетто. На участке Могилев – Жлобин грузооборот по вывозу составил 218024 тыс. т·км нетто и в местном сообщении – 63752 в нечетном направлении и 169487 тыс. т·км нетто – в четном направлении.

Электрификация путей в рамках рассматриваемого направления, при условии сохранения наблюдаемых в настоящее время тенденций и планового повышения объемов производства предприятий, приведет к росту грузооборота на 26,7 % и 32,0 % к 2020 году для участков Орша – Могилев и Могилев – Жлобин соответственно (прогнозные показатели специалистов Белорусской железной дороги). Следовательно, при реализации политики автаркии и развития вертикальных интеграционных объединений или активизации доставки грузов из Украины, произойдет более высокое повышение грузооборота на рассматриваемых участках, которое в рамках статьи оценим в пределах не менее 50 % к 2020 году, т. е.:

– для участка Могилев – Жлобин произойдет рост с погрузки готовой продукции со стороны предприятий ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Беларуськалий», ОАО «Доломит» и ОАО «Нафтан», а в случае активизации взаимодействия с другими странами – рост доставки грузов из Китая через территорию Украины (с Ильчевского порта) и Беларуси в страны Европы и Россию;

– для участка Орша – Могилев произойдет рост с 420883,0 тыс. т·км нетто до 631324,5 тыс. т·км нетто; 734216,0 тыс. т·км нетто до 1101324,0 тыс. т·км нетто.

При этом основное влияние на рост грузопотоков в рамках автаркии окажет повышение разгрузки сырья. Отмеченное повышение грузооборота приведет к получению Белорусской железной дорогой дополнительных доходов и дополнительной прибыли, которая будет увеличена также за счет сокращения эксплуатационных за-

Получено 20.04.2018

A. A. Horoshevich, S. A. Pelih. The development of high-speed electric railway transport as a necessary element of the national economy functioning in the modern context.

The article reflects possible ways of the development of the Russian Federation and the Republic of Belarus in the mid-term and long-term, within these terms the reasonability of the improvement of the transportation effectiveness on the territory of the Republic of Belarus was substantiated. As a key direction of the transportation quality improvement, we offer the organization of the high-speed move-

ment. Так, в результате электрификации железнодорожных путей за счет уменьшения расходов на топливно-энергетические ресурсы в рамках грузовых перевозок произойдет сокращение затрат приблизительно на 5,0–6,5 % (прогнозные показатели). При среднем снижении себестоимости 1 т·км на 6,0 % к уровню 2015 г. и одновременном повышении грузооборота, Белорусской железной дорогой будет получен годовой эффект в размере 12,49 млн руб. [4]. Полученное значение представляет собой минимальный эффект от реализации мероприятий по развитию высокоскоростного электрического железнодорожного транспорта в стране. Данный эффект при отмеченных ранее объемах инвестиций позволит окупить произведенные вложения в целом через 11 лет (без учета фактора времени) и в дальнейшем обусловит получение значительных доходов.

Заключение. Таким образом, в условиях неопределенности и отсутствия точного прогноза будущих взаимоотношений Российской Федерации со странами Запада, в рамках экономики Республики Беларусь важно развитие отраслей, которые позволят получать доходы в любых условиях хозяйствования. При этом географическое положение страны и основные аспекты ее сотрудничества со странами-соседями обуславливают необходимость развития отрасли перевозок, в рамках которой особое значение имеют перевозки железнодорожным транспортом. С целью повышения качества и скорости доставки грузов предлагается организация в Республике Беларусь высокоскоростных электрических железнодорожных перевозок по всем используемым направлениям. Перспективными направлениями электрификации являются железнодорожные участки Орша – Витебск – Полоцк – Бигосово – Гостраница с Латвией, Орша – Могилев – Жлобин, Барановичи – Лунинец – Калинковичи и Калинковичи – Гомель – Закопье.

Список литературы

- 1 Шумилин, А. Г. Белорусско-китайское научно-техническое и инновационное сотрудничество: текущее состояние, потенциал и перспективы / А. Г. Шумилин // Проблемы сопряжения Экономического пояса Шелкового пути и Евразийского экономического союза : материалы Второго белорусско-китайского гуманитарного научного форума, Минск, 2017 г. / Ин-т экономики НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2017. – С. 13–21.
- 2 Турбан, Г. В. Международные грузоперевозки и свобода транзита Европейский союз – Беларусь – Китай / Г. В. Турбан // Проблемы сопряжения Экономического пояса Шелкового пути и Евразийского экономического союза : материалы Второго белорусско-китайского гуманитарного научного форума, Минск, 2017 г. / Ин-т экономики НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2017. – С. 79–87.
- 3 Кожевников, С. А. Формирование технологических цепочек добавленной стоимости в форме вертикальной интеграции / С. А. Кожевников // Вопросы территориального развития. – 2016. – № 3 (33). – С. 1–16.
- 4 Транспорт и связь Республики Беларусь (2016) / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2016. – 115 с.

П. Л. ДАШКЕВИЧ, аспирант, заместитель начальника отделения железной дороги УП «Минское отделение Белорусской железной дороги», Е. С. РУСАК, кандидат экономических наук, Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Разработана методика повышения достоверности рейтинговой оценки конкурентоспособности транспортного предприятия. Данный метод позволяет понять собственное конкурентное окружение, реально оценить имеющиеся ресурсы и возможности, правильно выбрать долгосрочные цели и формализовать под них эффективные организационно-экономические мероприятия.

Введение. В Республике Беларусь транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, значимой составной частью производственной и социальной инфраструктуры. Он играет важную роль в социально-экономическом развитии страны, обеспечивая условия экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики и качества жизни населения. Все виды транспорта взаимодействуют и конкурируют друг с другом, предоставляя потребителям услуги различного объема и качества, образуя тем самым транспортный рынок. В процессе ведения такой конкурентной борьбы между транспортными предприятиями возникает проблема эффективной оценки уровня их конкурентоспособности.

Основная часть. В мировой практике для оценки развития транспортного рынка стран специалистами Всемирного банка совместно с университетом города Турку (Финляндия) был разработан Индекс эффективности логистической системы LPI. Он основывается на следующих шести важнейших критериях оценки развития логистики: эффективность таможенного и пограничного оформления; качество торговой и транспортной инфраструктуры; конкурентоспособность цены поставок; компетентность и качество логистических услуг; возможность отслеживать грузы; своевременность поставки или частота, с которой поставки достигают получателя в запланированные или ожидаемые сроки [1].

Таким образом, на рейтинг влияет и множество других факторов, в том числе эффективная работа таможенных органов, ограничение пропускной способности пунктов пропуска, отсутствие выхода к морю, проблемы в институтах государственного сектора, непредсказуемость в цепочках поставок.

Наивысшая оценка, которую та или иная страна может получить в глобальном рейтинге LPI, составляет 5 баллов. Согласно данным LPI-2016 наиболее развитыми логистическими системами обладают Германия, Люксембург, Швеция, Нидерланды, Сингапур, Бельгия, Великобритания, США. В частности, лидер рейтинга Германия набрала 4,23 балла, Республика Беларусь – 2,40 балла, заняв 120 строчку мирового рейтинга.

В Российской практике существует рейтинг крупнейших транспортно-логистических компаний «Логистический оператор России», методика построения которого базируется на использовании метода весовых коэффициентов и определении суммарного показателя

на основе оценки семи основных критериев. Используются следующие параметры: уровень компетентности компании; ее финансовое состояние; комплекс логистических услуг; техническая и технологическая оснащенность; объемы работ и услуг; имидж компании; наличие сети отделений и филиалов на территории России. Данные критерии являются сложными составными критериями, которые при подведении итогов рейтинга играют различные роли. Для учета относительной значимости каждого из них вводятся весовые коэффициенты. Значения весовых коэффициентов устанавливаются исполнителем рейтинга с привлечением экспертов в области логистики.

Приведенные методики рейтинговых оценок конкурентоспособности предприятий транспортного рынка основаны на использовании экспертных оценок, что определяет их субъективный характер. В частности, исследование LPI базируется на результатах опросов преимущественно международных и транснациональных логистических компаний. Особенности отдельных государств не учитываются. Не проводится опрос потребителей транспортных услуг для последующей индексации степени потребительской удовлетворенности и лояльности.

В целом вышеизложенное свидетельствует о целесообразности использования иностранного опыта в формировании и развитии транспортно-логистической инфраструктуры Республики Беларусь только тех государств, которые находятся в условиях, достаточно близких с ней, с учетом ее социально-экономического развития, транзитного потенциала, условий формирования таможенной системы и др. Отсюда следует, что достоверность оценки конкурентоспособности транспортных предприятий в значительной мере зависит от правильного определения их конкурентного окружения. Только глубокий анализ конкурентной среды транспортных предприятий и условий их деятельности позволит установить систему показателей, относительно которых выявляется их конкурентоспособность [2].

Основными критериями, по которым сопоставляется положение транспортного предприятия с положением его основных конкурентов, являются относительное качество и относительная стоимость транспортных услуг. Оценивая конкурентоспособность транспортных предприятий, автор предлагает объединить эти два критерия и применить модифицированный подход к оценке их рыночной позиции. Его суть заключается в использовании метода позиционирования услуг, оказываемых

транспортными предприятиями, позволяющего провести более точную оценку занимаемого ими места на изучаемом рынке, а также с большей точностью определить их основных конкурентов.

Оценку сравнительных преимуществ по качеству и цене целесообразно проводить в разрезе основных направлений деятельности транспортного предприятия.

Для оценки качества услуг по перевозке грузов были отобраны следующие параметры: выдерживание сроков транспортировки; квалификация персонала; возможность доставки сборных грузов; широкая география доставки грузов; возможность отслеживания отправленных грузов; частота отправок; возможность отправки разными железнодорожными скоростями.

Экспертным путем определена важность каждого из указанных параметров с позиции клиента. Основываясь на имеющейся информации о деятельности транспортных компаний-конкурентов, проведена балльная оценка уровня развития параметров для каждого из них. С этой целью использовалась пятидесятибалльная шкала по следующему принципу: 50 баллов – высокий уровень; 40 баллов – уровень выше среднего; 30 баллов – средний уровень; 20 баллов – уровень ниже среднего; 10 баллов – низкий уровень.

Произведение относительной важности параметра и его оценки в баллах определяет уровень качества услуг, предлагаемых изучаемыми транспортными компаниями (таблица 1).

Таблица 1 – Определение уровня качества грузовых перевозок, оказываемых основными конкурентами

Критерий оценки	Относительная значимость критериев	Балльные оценки компаний					Уровень качества компаний				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Выдерживание сроков транспортировки	0,243	40	40	10	20	50	9,717	9,717	2,429	4,859	12,147
Квалификация персонала	0,255	50	30	50	50	40	12,749	7,649	12,749	12,749	10,199
Возможность доставки сборных грузов	0,165	50	50	10	40	30	8,229	8,229	1,646	6,583	4,937
Широкая география доставки грузов	0,093	50	50	20	40	30	4,672	4,672	1,869	3,737	2,803
Возможность контроля отправленных грузов	0,035	40	50	20	20	30	1,411	1,764	0,706	0,706	1,058
Имидж	0,057	50	50	40	50	10	2,869	2,869	2,295	2,869	0,574
Частота отправок	0,144	40	40	10	10	50	5,778	5,778	1,445	1,445	7,22
Возможность отправки с разными железнодорожными скоростями	0,008	50	30	30	50	10	0,348	0,209	0,209	0,348	0,070
Итого	1	370	340	190	280	250	45,773	40,887	23,348	33,296	39,008
Средний уровень качества	36,463										
Относительный уровень качества							1,255	1,121	0,640	0,913	1,070

В результате определяется общий фактический и относительный уровень качества предоставляемых транспортных услуг по каждому из 5 представленных предприятий (A, B, C, D, E). Базируясь на имеющихся данных о тарифах транспортных предприятий-конкурентов, производят оценку уровня стоимости транспортных услуг по предложенной шкале с использованием экспертных оценок. Ввиду того, что показатель стоимости является минимизируемым, расстановка баллов осуществляется в обратном порядке (таблица 2).

На основании полученных фактических показателей уровня качества и стоимости услуг транспортных предприятий далее строится карта позиционирования транспортных услуг, отражающая уровень развития всех направлений деятельности транспортных предприятий.

Ось X отражает значения качества услуг от низкого значения выбранной шкалы (10 баллов) к высокому (50 баллов), ось Y – значения стоимости от высокого (10 баллов) к низкому (50 баллов).

В результате образуются четыре сегмента: низкая цена и низкое качество; низкая цена и высокое качество; высокая цена и низкое качество; высокая цена и высокое качество.

Заключение. На наш взгляд, построение карты позиционирования транспортных услуг по качеству и цене позволяет значительно сократить область конкурентной борьбы для транспортных предприятий, определить их положение относительно основных конкурентов и, следовательно, повысить уровень качества оценки их конкурентоспособности.

Таблица 2 – Определение уровня стоимости транспортных услуг, оказываемых основными конкурентами

Критерий оценки	Относительная значимость критериев	Балльные оценки компаний					Уровень качества компаний				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Перевозка грузов	0,213	20	40	10	40	50	4,256	8,512	2,128	8,512	10,640
Транспортно-экспедиционные услуги	0,193	10	50	40	20	10	1,928	9,640	7,712	3,856	1,928
Обеспечение необходимым подвижным составом	0,140	30	10	50	40	20	4,197	1,399	6,995	5,596	2,798
Оформление перевозочных документов	0,128	20	50	10	50	40	2,552	6,380	1,276	6,380	5,104
Хранение грузов на открытых площадках и таможенных складах	0,046	40	40	40	40	50	1,856	1,856	1,856	1,856	2,320
Промывка вагонов	0,004	50	10	10	50	40	0,205	0,041	0,041	0,205	0,164
Проверка состояния груза, его массы и количества мест	0,157	20	10	10	50	50	3,134	1,567	1,567	7,835	7,835
Ремонт и наладка механических весов с использованием контрольного оборудования	0,114	40	40	30	30	50	4,560	4,560	3,420	3,420	5,700
Прочие услуги	0,005	40	50	50	30	50	0,228	0,285	0,285	0,171	0,285
Итого	1,0000	270	300	250	350	360	22,97	34,24	25,28	37,83	36,774
Средний уровень качества	36,463										
Относительный уровень стоимости							0,730	1,090	0,805	1,204	1,171

Список литературы

1 Логистические системы и процессы в условиях экономической нестабильности [Электронный ресурс] : материалы IV Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 6–7 дек. 2016 г. / Ин-т бизнеса и менеджмента технологий БГУ : ф-т междунар. отношений БГУ ; редкол. : В. В. Апанасович (отв. ред.)

[и др.]. – Электрон. текстовые дан. (5,05 Мб). – Минск : Изд. центр БГУ, 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2 Ивуть, Р. Б. Экономические основы формирования механизма оценки конкурентоспособности автотранспортных услуг : [монография] / Р. Б. Ивуть, А. Ф. Зубрицкий. – Минск : БНТУ, 2010. – 308 с.

Получено 20.04.2018

P. L. Dashkevich, E. S. Rusak. Development of a method for increasing the reliability of the transport enterprise competitiveness assessment.

The article describes the methodology developed by the author for increasing the reliability of the rating assessment of the competitiveness of a transport enterprise. This method allows you to understand your own competitive environment, really assess the available resources and opportunities, correctly choose long-term goals and formalize effective organizational and economic activities for them.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 624.01/04

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Э. В. ШВАЙЛИКОВА, магистрант, А. Н. БУЛАВКО, магистрант; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА ПО СЕЧЕНИЮ ОБРАЗЦОВ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Выполнено исследование степени гидратации цемента (показателя α) по сечению образцов цементного камня (кубики сечением 100×100×100 мм) для различных водоцементных отношений (В/Ц). Показано, что показатель α по сечению цементного камня не является величиной постоянной, его изменение описывается двумя кусочно-заданными функциями. Получены экспериментальные зависимости изменения показателя α для различных В/Ц по сечению образцов после тепловлажностной обработки (ТВО). Выполнено сравнение полученных показателей α в поверхностном слое цементного камня и среднего значения по сечению образцов для различных В/Ц с общепринятыми показателями.

Введение. Гидратация цемента является одним из основных факторов, определяющих физико-механические свойства бетонов.

В настоящее время изучение показателя α ведется на основе исследования проб, полученных путем измельчения образцов небольших размеров (2×2×2 см и т.п.), что не дает возможности определить наличие изменения α по сечению образцов и оценить его характер [1, 2].

Поскольку подавляющее большинство бетонных и железобетонных элементов (ЖБЭ) изготавливают в заводских условиях с использованием ТВО, значительный интерес представляет исследование показателя α сразу после ТВО и его изменение по сечению образцов.

Основная часть. Для определения показателя α исследовали образцы – кубики сеч. 100×100×100 мм, изготовленные из цемента марки ПЦ 500 активностью 52,5 МПа, нормальной густотой 27,0 % с В/Ц = 0,30... 0,60 с шагом 0,05.

Было изготовлено семь серий образцов по три штуки. После изготовления кубики подвергали тепловлажностной обработке (ТВО) по следующему режиму: выдержка – 4 ч, подъем температуры до 60 °С – 2 ч, изотермический прогрев (60 °С) – 6 ч, остывание образцов – 3 ч.

По сечению образцов отбирали высверливанием пробы цементного камня массой 3 ± 0,1 г до глубины 50 мм с двух противоположных (закрытых при формовании) сторон каждого образца с шагом 5 мм.

Степень гидратации цемента определяли по содержанию гидратной воды:

$$\alpha = \frac{n}{W}, \quad (1)$$

где W – количество, г, неиспаряющейся воды, присоединяемой 1 г цемента при его полной гидратации в условиях заданной температуры; n – количество, г/г, неиспаряющейся воды при 105 °С и присоединенной 1 г исходного цемента к тому или иному сроку твердения:

$$n = \frac{b - b_0}{b_0}, \quad (2)$$

где b – масса навески затвердевшего цемента, высушенного при 105 °С, г; b_0 – то же, после прокаливании при 900 °С.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Результаты исследования показателя α по сечению образцов (в виде усредненных кривых, полученных по шести значениям показателя α для каждого значения показателя В/Ц), приведены на рисунке 1.

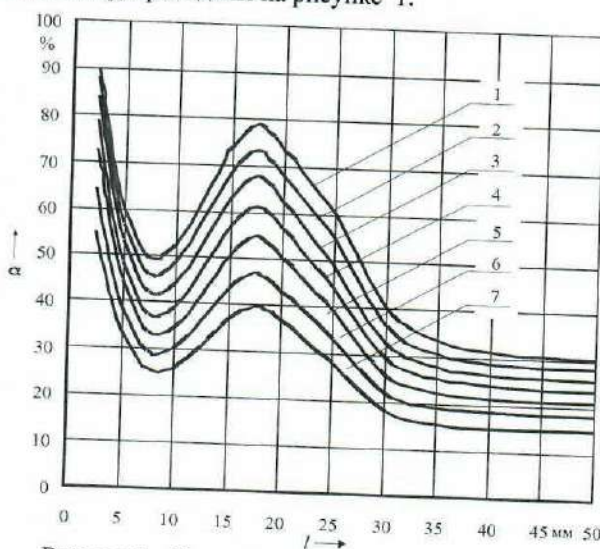


Рисунок 1 – Изменение степени гидратации цемента по сечению образцов сразу после ТВО: 1 – 7 – средние значения из шести проб, соответственно, для В/Ц = 0,6; 0,55; 0,50; 0,45; 0,40; 0,35; 0,30

Приведенные данные показывают, что степень гидратации цемента по сечению цементного камня не является постоянной величиной и подчиняется сложной зависимости.

Результаты исследований позволяют предположить, что в начальный период твердения смеси вяжущего с водой идет образование гидратов с той скоростью, которая зависит от свойств самого вяжущего, водовяжущего отношения и температурно-влажностных условий. Эти показатели приблизительно постоянны.

Скорость гидратации на ранней стадии не ограничивается скоростью химической реакции. Она возрастает с увеличением количества активной воды на поверхности контрольных образцов. Далее скорость диффузии снижается из-за увеличения количества химически связанной воды, образующей гелеобразные оболочки, и уменьшения количества пассивной воды. Равенство этих скоростей возникает при достижении процессов гидра-

тации максимальной скорости. Затем скорость гидратации превышает скорость диффузии, и количество активной воды убывает. При этом скорость гидратации ограничивается медленной диффузией в глубине цементного камня, вследствие чего ощущается недостаток активной воды, и показатель α снижается независимо от В/Ц на глубине цементного камня более 30 мм. Можно предположить, что увеличение глубины сечения ведет к ослаблению диффузии, ограничивая реакцию из-за малого количества активной воды.

Экспериментальные значения $\alpha(l)$ были аппроксимированы аналитическими функциями, наглядно показывающими зависимости и соответствующими физико-химическим представлениям о процессе гидратации цемента.

Для их описания использовали кусочно-заданные функции, для чего выделили два характерных участка сечения, первый из которых (до 23 мм) описали полиномом 3-й степени, второй (более 23 мм) – экспонентой, поскольку аппроксимация экспериментальных данных гидратации цемента по сечению образцов функциональной зависимостью осложняется характером взаимосвязи следующих явлений: наличия одного минимума и одного максимума; разрыва функции при $l \rightarrow 0$; асимптотической сходимостью к константе при $l \rightarrow \infty$. Для определения параметров линий регрессии (на каждом из участков в отдельности) использовали метод наименьших квадратов.

Для описания приведенных зависимостей в общем виде получили четырехпараметрические уравнения вида

$$\alpha(l) = \begin{cases} -\beta_3 l^3 + \beta_2 l^2 - \beta_1 l + \beta_0, & l < x \text{ мм}; \\ \alpha_0 - (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \exp(\alpha_3(l-x)), & l \geq x \text{ мм}, \end{cases} \quad (3)$$

где $\alpha_0 - \alpha_3$; $\beta_0 - \beta_3$ – параметры, определяемые методом наименьших квадратов; x – граничное значение участка, мм.

Для каждого значения В/Ц были получены следующие зависимости:

$$\begin{aligned} & \text{В/Ц} = 0,30 \\ \alpha(l) = & \begin{cases} -0,04l^3 + 1,572l^2 - 18,135l + 90, & l < 23 \text{ мм}; \\ 15 + 24 \exp(-0,3(l-23)), & l \geq 23 \text{ мм}; \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \text{В/Ц} = 0,35 \\ \alpha(l) = & \begin{cases} -0,049l^3 + 1,91l^2 - 21,8l + 106, & l < 23 \text{ мм}; \\ 18 + 27 \exp(-0,28(l-23)), & l \geq 23 \text{ мм}; \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \text{В/Ц} = 0,40 \\ \alpha(l) = & \begin{cases} -0,0579l^3 + 2,256l^2 - 25,715l + 124, & l < 23 \text{ мм}; \\ 21 + 31 \exp(-0,2635(l-23)), & l \geq 23 \text{ мм}; \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \text{В/Ц} = 0,45 \\ \alpha(l) = & \begin{cases} -0,062l^3 + 2,40l^2 - 27,0l + 131, & l < 23 \text{ мм}; \\ 23,5 + 34 \exp(-0,25(l-23)), & l \geq 23 \text{ мм}; \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} & \text{В/Ц} = 0,50 \\ \alpha(l) = & \begin{cases} -0,065l^3 + 2,51l^2 - 28,1l + 139, & l < 23 \text{ мм}; \\ 25,8 + 37 \exp(-0,24(l-23)), & l \geq 23 \text{ мм}; \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & \text{В/Ц} = 0,55 \\ \alpha(l) = & \begin{cases} -0,067l^3 + 2,57l^2 - 28,45l + 143, & l < 23 \text{ мм}; \\ 28 + 42 \exp(-0,23(l-23)), & l \geq 23 \text{ мм}; \end{cases} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{В/Ц} = 0,60$$

$$\alpha(l) = \begin{cases} -0,069l^3 + 2,64l^2 - 29,0l + 147,5, & l < 23 \text{ мм}; \\ 30,2 + 46,5 \exp(-0,22(l-23)), & l \geq 23 \text{ мм}. \end{cases} \quad (10)$$

Для различных В/Ц приведенные (рисунок 1) графические зависимости носят схожий характер.

Анализ значений α смежных В/Ц для отдельных сечений образцов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Средние значения α для различных В/Ц

l, мм	В/Ц					
	0,35-0,30	0,40-0,35	0,45-0,40	0,50-0,45	0,55-0,50	0,60-0,55
Δα, %						
2,50	9,5	8,0	6,5	5,0	4,0	2,0
3,00	7,8	9,1	4,3	5,6	3,4	3,4
3,75	6,5	7,7	4,0	5,3	3,4	3,3
5,00	5,0	6,0	3,7	4,9	3,5	3,3
7,50	3,7	4,3	3,7	4,7	3,9	3,5
10,0	4,2	4,5	4,5	5,0	4,5	4,0
12,5	5,4	5,7	5,4	5,6	5,1	4,7
15,0	6,7	7,1	6,3	6,1	5,5	5,3
17,5	7,1	7,8	6,6	6,4	5,5	5,6
20,0	5,9	6,9	6,1	6,0	5,0	5,5
25,0	5,3	5,9	4,8	4,6	5,8	5,6
30,0	3,9	4,1	3,5	3,3	3,7	3,8
35,0	3,3	3,4	2,9	2,7	2,8	2,9
40,0	3,1	3,1	2,6	2,4	2,4	2,5
45,0	3,0	3,0	2,5	2,3	2,3	2,3
50,0	3,0	3,0	2,5	2,3	2,2	2,2

Результаты анализа показывают, что для смежных значений В/Ц модели изменения степени гидратации по сечению в абсолютных значениях отличаются незначительно. Так, для различных В/Ц разница значений показателя α составляет: на поверхности ($l = 2,5$ мм) – до 10 %; для сечения со средней толщиной защитного слоя ($l = 20$ мм) – до 7 %; в глубине цементного камня ($l > 30$ мм) – до 3 %.

Полученные значения показателя α сравнивали с результатами исследований гидратации цемента современными авторами.

Степень гидратации цемента в возрасте 28 суток твердения рассчитывали по формулам проф. В. В. Бабицкого в зависимости от относительного водосодержания цементного теста X :

при $X \leq 1,65$

$$\alpha_{28}^{20} = 60X - \sqrt[3]{(1,65X)^2} \cdot e^{1,65X}, \quad (11)$$

при $X > 1,65$

$$\alpha_{28}^{20} = 70 + 5(X - 1,65), \quad (12)$$

где X – величина относительного водосодержания цементного теста, рассчитанная в зависимости от нормальной плотности цемента (НГ),

$$X = \frac{0,98(\text{В/Ц})_6 - 0,0094}{\text{НГ}/100}. \quad (13)$$

Поскольку общепринятым считается постоянное значение степени гидратации в любом сечении цементного камня, а полученные значения показателя α распределяются по сечению по сложной зависимости, для сравнения полученных значений показателей α с расчетными использованы значения степени гидратации в сечении $l = 2,5$ мм.

Такой выбор объясняется тем, что для оценки изначального содержания цемента в бетоне определяется величина карбонатной составляющей именно в данном сечении. Кроме того, определение показателя α в вышеуказанном сечении наименее сложно и наиболее точно.

Результаты сравнения показателей α (в поверхностном слое) и α_{28}^{20} приведены на рисунке 2.

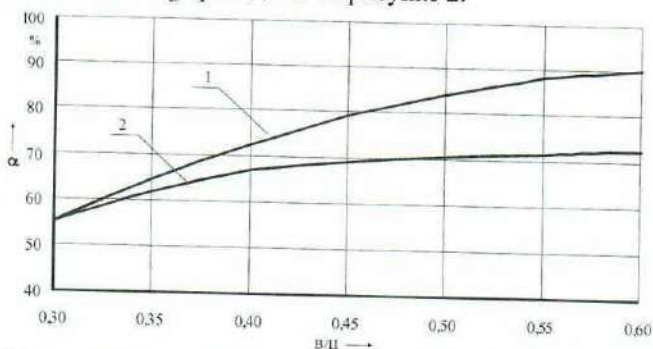


Рисунок 2 – Зависимости степени гидратации цемента (α) от В/Ц для поверхностного слоя:

- 1 – по экспериментальным результатам авторов;
2 – по расчетам проф. В. В. Бабицкого

Кроме того, представляет интерес сравнение показателей α_{28}^{20} и средних экспериментальных значений показателя α ($\alpha_{ср}$) для различных В/Ц.

Значения $\alpha_{ср}$ с учетом симметричного характера изменения кривой $\alpha(l)$ определяли из выражения

$$\alpha_{ср} = \frac{\int_0^{100} \alpha(l) dl}{100} = \frac{\int_0^{50} \alpha(l) dl}{50}, \quad (14)$$

где $\alpha(l)$ – степень гидратации цемента, %, на глубине l , мм; 100 – размер исследуемой грани куба, мм.

Результаты сравнения показателей $\alpha_{ср}$ и α_{28}^{20} приведены на рисунке 3.

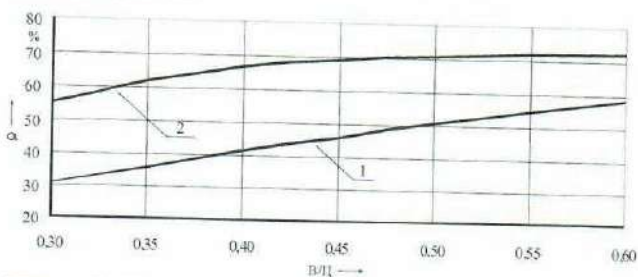


Рисунок 3 – Зависимости степени гидратации цемента (α) от В/Ц для средних значений показателя α по сечению образцов:

- 1 – по экспериментальным результатам авторов;
2 – по расчетам проф. В. В. Бабицкого

Получено 14.05.2018

A. A. Vasilyev, E. V. Shvaylikova, A. N. Bulavko. Research of change of degree of hydration of cement on the section of cement stone standards.

Research of degree of hydration of cement (index α) has been executed on the section of standards of cement stone (blocks by a section a $100 \times 100 \times 100$ mm) for different water-to-cement ratios (W/C). It is shown that an index α on the section of cement stone is not a size permanent, his change is described by two piece-set functions. Experimental dependences of change of index α have been got for different W/C on a section standards after heat humidity treatment (HHT). Comparison of the indexes α has been executed in the superficial layer of cement stone and mean value on the section of standards for different W/C with the generally accepted indexes.

Результаты анализа показывают, что разница показателей значений $\alpha_{ср}$ и α_{28}^{20} в поверхностном слое цементного камня до значения В/Ц = 0,45 незначительна, однако с ростом В/Ц увеличивается и достигает 17,5 % для В/Ц = 0,60. Это, по мнению авторов, объясняется тем, что при ТВО в поверхностном слое цементного камня процессы гидратации ускоряются по сравнению с твердением в нормальных условиях.

Разница показателей значений $\alpha_{ср}$ и α_{28}^{20} с ростом В/Ц уменьшается, однако она значительна и достигает 26,0 % для В/Ц = 0,35. Это, в первую очередь, объясняется тем, что выражения (11) и (12) получены на исследовании кубов цементного камня с размерами граней $20 \times 20 \times 20$ мм, в которых при таких небольших размерах присутствует значительное влияние боковых поверхностей, а в проведенных экспериментах для кубов с гранями $100 \times 100 \times 100$ мм влияние гидратации перпендикулярных боковых поверхностей куба практически исключено.

Выводы. 1 Степень гидратации цемента не является величиной постоянной по сечению цементного камня. Ее распределение подчиняется сложной зависимости, описываемой двумя кусочно-заданными функциями (полиномом 3-й степени и экспонентой).

2 Величина степени гидратации цемента зависит от В/Ц. Сразу после изготовления образцов значения показателя α для различных В/Ц в поверхностных слоях достигают 55–90 % и уменьшаются вглубь сечения.

Заключение. Исследование изменения степени гидратации цемента по сечению образцов с размерами, аналогичными размерам реальных бетонных либо железобетонных элементов, позволит более полно изучить физико-химические процессы, происходящие в цементном камне и их влияние на физико-механические характеристики бетона и его защитные свойства по отношению к стальной арматуре [3].

Список литературы

- 1 **Бабицкий, В. В.** Структура и коррозионная стойкость бетона и железобетона : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.05 / В. В. Бабицкий. – Минск, 2004. – 370 с.
- 2 **Ковшар, С. Н.** Оценка и прогнозирование морозо- и солеустойчивости тяжелого бетона с учетом изменения конструктивных и деструктивных факторов : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / С. Н. Ковшар. – Минск, 2010. – 207 с.
- 3 Исследование степени гидратации цемента по сечению образцов после тепловлажностной обработки / А. А. Васильев, Э. В. Швайликова // Инновационные научные исследования: теория, методология, практика : сб. статей X междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение». – 2017. – С. 286–289.

УДК 624.21

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Р. Ю. ДОЛОМАНЮК, аспирант, С. В. ДАШКЕВИЧ, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

Сформулирована общая проблема долговечности железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) мостовых сооружений. Поставлена задача исследований. Предложен алгоритм оценки долговечности ЖБЭ и ЖБК мостов на стадии проектирования. Он позволяет прогнозировать их ресурс в зависимости от физико-механических свойств бетона и стальной арматуры, условий эксплуатации.

Введение. Для Республики Беларусь, входящей в единую транспортную систему Европы и имеющей на своей территории около 6,5 тыс. мостов, обеспечение их бесперебойной работы является важнейшей государственной задачей.

Согласно отечественным нормам [1], срок службы железобетонных мостов и путепроводов должен составлять 100 лет. Однако практика эксплуатации мостовых сооружений в Республике Беларусь показывает, что наибольшее коррозионное воздействие на железобетон оказывают хлориды щелочных и щелочноземельных металлов, широко используемые в реагентах на дорогах в зимний период (более 250 тыс. тонн ежегодно). Традиционные конструкции, материалы и технологии устройства мостового полотна не обеспечивают требуемой гидроизоляции и восприятия динамического воздействия транспорта, в результате этого несущие конструкции мостов и путепроводов приходят в аварийное состояние или выходят из строя уже после 30–35 лет эксплуатации, а в некоторых случаях и раньше [2].

Считается, что обеспечить заданный срок службы можно путем соблюдения определенных нормативных конструктивных требований (минимально допустимое значение защитного слоя бетона, водоцементного отношения, расхода цемента, минимальной открытой пористости, максимальной плотности, и т.д.). Однако срок службы не закладывается в расчеты на этапе проектирования, т.е. не существует нормативного алгоритма, позволяющего четко определить долговечность мостового сооружения при его проектировании. Таким образом, существующие нормы обеспечивают только мгновенную надежность конструкций мостовых сооружений в момент их возведения, а происходящие в дальнейшем изменения несущей способности под воздействием внешних факторов, а также изменяющийся характер временной подвижной нагрузки не учитываются.

В последние десятилетия в зарубежной инженерной практике, наряду с конструкционным проектированием строительных железобетонных конструкций, все чаще используются термины «durability design» или «service life design» [3–5], что можно перевести как проектирование долговечности или срока службы.

Данный подход направлен на определение времени наступления предельного состояния железобетонной конструкции при помощи специальных алгоритмов, позволяющих прогнозировать процесс деградации конструкции с определенной степенью точности и при необходимости корректировать проектные решения для достижения требуемого срока службы.

В мировой мостостроительной практике можно выделить два основных подхода к прогнозированию долговечности мостов. Первый основывается на введении функции деградации конструкций мостов. Данная функция описывает изменение функциональных характеристик сооружения во времени при определенных исходных данных (геометрические размеры конструкции, физико-механические свойства бетона и стальной арматуры). Для использования такого подхода необходимо большое число опытных данных – в данном случае результатов обследования мостовых сооружений специальной службой инспекции.

Второй подход базируется на прогнозировании изменения состояния стальной арматуры в бетоне с точки зрения физико-химических процессов, протекающих в конструкции под воздействием меняющихся факторов окружающей среды с учетом влияния транспортных нагрузок.

Большинство прогнозов основываются на известной модели коррозии стальной арматуры в бетоне, предложенной К. Tuutti [6]. В этой работе автор рассматривает длительность процесса повреждения арматуры в бетоне как сумму двух этапов: периода иницирования коррозии t_{in} (initiation period) и периода развития коррозии арматуры t_{prop} (propagation period). Под периодом иницирования коррозии понимается срок, в течение которого защитный слой бетона выполняет пассивирующие функции по отношению к стальной арматуре. Этот период сопровождается проникновением и накоплением хлоридов в бетоне, а также диффузией углекислого газа в бетон, обуславливающей его карбонизацию и уменьшение показателя pH поровой влаги. Конец периода иницирования связан с достижением фронта карбонизации поверхности арматуры или накоплением у ее поверхности критического содержания хлоридов или раскрытием трещины критической ширины, вызывающих начало коррозии стальной арматуры.

Период развития коррозии – срок от начала депассивации защитного слоя арматуры, в течение которого происходит ее интенсивное корродирование вследствие изменения температурно-влажностного режима, воздействия кислорода воздуха и растворов агрессивных веществ (хлоридов) с накоплением продуктов коррозии, до наступления предельного состояния, выбор которого зависит от типа конструкции и условий ее эксплуатации.

Основная часть. Целью работы является разработка алгоритма, позволяющего прогнозировать срок службы железобетонных пролетных строений мостов и путепроводов на стадии проектирования.

Предлагаемая модель деградации пролетных строений основывается на прогнозе коррозионного состояния стальной арматуры в бетоне согласно [6] с выделением двух временных фаз: инициирования (t_{in}) и развития коррозии стальной арматуры (t_{prop}).

Модель рассматривает следующие виды граничных состояний:

- начало коррозии стальной арматуры;
- появление и раскрытие продольных трещин на предельно допустимую ширину;
- уменьшение площади сечения стальной арматуры на предельно допустимую величину.

Она основывается на известной модели состояния арматуры в бетоне К. Tuutti. Срок службы конструкций мостовых сооружений предлагается оценивать следующим уравнением [2]:

$$T = t_0 + t_{corr}, \quad (1)$$

где T – срок службы элемента (конструкции), лет; t_0 – время депассивации стальной арматуры (фаза инициирования коррозии), лет; t_{corr} – время активной коррозии стальной арматуры (фаза развития коррозии), лет.

Период инициирования коррозии стальной арматуры. Процессы диффузии углекислого газа и хлоридов в бетоне математически описываются классическими уравнениями аналитической теории диффузии (уравнения первого и второго законов Фика). Решая эти дифференциальные уравнения при определенных начальных условиях, получены выражения для определения времени инициирования стальной арматуры в результате карбонизации защитного слоя бетона t_{carb} , и накопления критической концентрации хлоридов у поверхности стальной арматуры t_{Cl} , лет:

$$t_{carb} = \frac{X_c^2}{2k_w k_F D_{CO_2} a^{-1} (c_1 - c_2)}, \quad (2)$$

где X_c – толщина защитного слоя бетона, м; k_w – коэффициент, учитывающий влияние погодных условий,

$$k_w = \left(\frac{t_0}{t} \right)^w, \quad (3)$$

t_0 – время определения начальных физико-механических свойств бетона (28 дней), лет; t – время карбонизации, лет; w – показатель степени,

$$w = 0,5 \left(\frac{N_w}{365} \right)^{0,446}; \quad (4)$$

N_w – число дней в году с осадками более 2,5 мм.

k_F – коэффициент влияния морозной деструкции,

$$k_F = \frac{1}{\left(1 - \frac{0,1}{F} \right)^{N_{Ft}}}, \quad (5)$$

N_F – число циклов "замораживания – оттаивания" в год; t – время, лет; F – марка бетона по морозостойкости; D_{CO_2} – коэффициент диффузии CO_2 в бетоне, m^2/c ; C_1, C_2 – соответственно, содержание диоксида углерода на внешней поверхности бетона и на границе карбонизации (бесконечно малая величина), kg/m^3 ; a – реакционная емкость бетона (количество CO_2 , необходимое для превращения всех способных карбонизироваться продуктов гидратации цемента), kg/m^3 .

$$t_{Cl} = \frac{X_c^2}{4D_{Cl} \left(\operatorname{erf}^{-1} \left(\frac{C_s - C_{crit}}{C_s} \right) \right)^2}, \quad (6)$$

где D_{Cl} – коэффициент диффузии хлоридов в бетоне, m^2/c ; $\operatorname{erf}()$ – функция ошибок Гаусса; C_s и C_{crit} – соответственно концентрация хлоридов на поверхности бетона защитного слоя и критическая концентрация хлоридов на поверхности арматуры, % по массе цемента.

Коэффициент диффузии хлоридов в бетоне

$$D_{Cl} = D_{Cl_0} \left(\frac{t_0}{t} \right)^a, \quad (7)$$

где D_{Cl_0} – начальный коэффициент диффузии хлоридов в бетоне в возрасте $t_0 = 28$ суток, m^2/c ; a – показатель степени.

$$D_{Cl_0} = 10^{(-12,06 + 2,4w/c)}; \quad (8)$$

$$a = 3w/c - 0,6, \quad (9)$$

где w/c – водоцементное отношение.

Период активной коррозии стальной арматуры. Выход из строя железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) пролетных строений возможен при различных граничных состояниях стальной арматуры. Поэтому период активной коррозии стальной арматуры необходимо определять исходя из назначенных видов ее граничных состояний.

1-й случай – коррозия стальной арматуры не допускается. Тогда $t_{corr} = 0$. Срок службы ЖБЭ (ЖБК) определяется значением периода депассивации стальной арматуры $T = t_{corr}$.

2-й случай – появление и развитие продольных трещин до предельных значений:

$$t_{corr} = t_{crit}$$

Для случая образования трещин шириной раскрытия до 1 мм

$$a_{cr} = 0,05 + 0,0125(X_{corr} - X_{corr,0}), \quad (10)$$

где a_{cr} – ширина раскрытия трещины, мм; X_{corr} – глубина коррозионного повреждения стальной арматуры, мм

$$X_{corr} = v_{corr} \alpha_{pit} t_s, \quad (11)$$

где v_{corr} – скорость коррозии стальной арматуры, мм/год; α_{pit} – питтинговый фактор, учитывающий характер коррозии; при поверхностной коррозии вследствие карбонизации $\alpha_{pit} = 2$; t_s – время, лет.

$$v_{corr} = v_{corr,ar} \cdot \frac{N_w}{365}, \quad (12)$$

где $v_{corr,ar}$ – средняя скорость коррозии стальной арматуры, мм/год, определяемая условиями эксплуатации (таблица 1).

Таблица 1 – Средняя скорость коррозии стальной арматуры в железобетоне $v_{corr,a}$ в различных условиях эксплуатации

Коррозионное состояние	Условия эксплуатации	$v_{corr,a}$, мм/год
Общая коррозия при карбонизации	На открытом воздухе	0,005
	В помещении	0,002
Питтинговая коррозия	Сухие	0,004
	Переменная влажность	0,03
	В воздухе над морской водой	0,03
	Зона периодического смачивания	0,07

Глубина коррозионного повреждения стальной арматуры, соответствующая началу образования трещин, $X_{corr,0}$, мм. Определяется эмпирическим выражением:

$$X_{corr,0} = 83 + 7,4 \frac{d_{cover}}{D} - 22,6 R_{b,sh} \quad (13)$$

где d_{cover} – толщина защитного слоя бетона, мм; D – диаметр арматуры, мм; $R_{b,sh}$ – прочность бетона на скалывание при изгибе, МПа.

Срок службы ЖБЭ (ЖБК) определяется значением периода депассивации стальной арматуры и раскрытия трещин до граничных значений $T = t_{cor} + t_{crit}$.

3-й случай – уменьшение площади сечения стальной арматуры до критических значений:

$$t_{corr} = t_{prop}$$

В процессе коррозии стали в железобетоне происходит уменьшение диаметра (площади сечения) стальной арматуры и снижение ее механических характеристик (предела прочности при растяжении, деформативности). Таким образом, задавшись величиной критического уменьшения площади поперечного сечения стальной арматуры, используя формулу (11), можно определить время наступления критического повреждения коррозией стальной арматуры.

Срок службы ЖБЭ (ЖБК) определяется значением периода депассивации стальной арматуры и ее коррозии до граничных значений уменьшения площади поперечного сечения $T = t_{cor} + t_{prop}$.

Заключение. Модель прогноза долговечности железобетонных элементов мостовых сооружений на стадии проектирования позволяет прогнозировать их сроки службы в виде функции времени в зависимости от физико-механических свойств бетона и стальной арматуры, условий эксплуатации.

Получено 26.04.2018

A. A. Vasilyev, R. Yu. Dolomanjuk, S. V. Dashkevich. Model of prediction of longevity of reinforce-concrete flight structures of bridges and overpasses.

The general issue of longevity of reinforce-concrete elements and constructions of bridge building is set. The problem of researches is set. The algorithm of estimation of longevity of reinforce-concrete elements and constructions of bridges and overpasses on the stage of planning is offered. It allows to predict their resource depending on physical and mechanical properties of concrete and gagers and operation conditions.

Она учитывает различные граничные состояния стальной арматуры, что дает возможность рассматривать различные стратегии эксплуатации мостовых сооружений.

Список литературы

- 1 Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования = Мاستы і трубы Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45-3.03-232-2011 (02250). – Введ. впервые (с отменой на территории Республики Беларусь СНиП 2.05.03-84). – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2011. – 162 с.
- 2 **Доломанюк, Р. Ю.** Детерминированный анализ и оценка проблем аварийности мостов как фактор увеличения надежности и долговечности мостовых конструкций / Р. Ю. Доломанюк, К. В. Махаев // Вестник современных исследований : электронное научно-практическое периодическое издание. – 2017. – № 11-1 (14). – С. 25–33.
- 3 **DuraCrete 7: General guidelines for durability design and redesign / The European Union – Brite EuRam III. – Project No. BE95-1347 ; Probabilistic Performance-based Durability Design of Concrete Structures. – Report No. T7-01-1. – 1999.**
- 4 **Lay, S.** Service Life Models / S. Lay, P. Schießl, J. Cairns // Life Cycle Management of Concrete Infrastructures for Improved Sustainability: LIFECON // Technical Research Centre of Finland. – 2003. – 169 p.
- 5 **Edvardsen, C.** DuraCrete – A Guideline for Durability-Based Design of Concrete Structures / C. Edvardsen, L. Mohr // Symposium, Structural concrete: the bridge between people. – Prague, 1999. – P. 425–432.
- 6 **Tuutti, K.** Corrosion of steel in concrete: dissertation / K. Tuutti ; Stockholm University. – Stockholm, 1982. – 468 p.

УДК 666.913/914

А. С. НЕВЕРОВ, доктор технических наук, Л. В. САМУСЕВА, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Ю. В. АЛЁХИН, магистр технических наук, АО «Премьерстрой», г. Москва, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ГИПСОПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Изучена совместимость неполярных водонерастворимых полимеров с водными суспензиями гипсового вяжущего. Установлена возможность повышения ее посредством смешивания полимера с высыхающим растительным маслом – олифой, которое выполняет в данном случае функцию ПАВ. Разработаны и оптимизированы по критериям эксплуатационных свойств составы теплоизоляционных материалов на основе минеральных и органических вяжущих и отходов целлюлозно-бумажной промышленности.

Введение. Обладая рядом достоинств (сравнительно небольшая объёмная масса, огнестойкость, хорошая звукоизоляция), изделия из гипса и гипсобетона имеют существенные недостатки (малая водостойкость, сравнительно низкая прочность, невысокие показатели теплопроводности), обуславливающие их применение в ненагруженных и малонагруженных конструкциях, защищённых от влаги [1–3].

Для повышения тепло- и звукоизоляционных характеристик материалов на основе гипса перспективным решением является добавление целлюлозы в виде измельчённой и смоченной макулатуры. В практике производства гипсобетона применение макулатуры широко распространено в соотношении 9/1 (гипс/макулатура). Физически связанная с волокнами целлюлозы вода при испарении оставляет поры в гипсовом теле, значительно повышая тепло- и звукоизоляционные показатели композита. Однако механические свойства материала при этом ухудшаются. Добавлением полимерного компонента можно исправить этот недостаток.

Полимерные и органические добавки, сохраняя положительные свойства гипсовых материалов, позволяют повысить их водостойкость, стойкость к агрессивным средам, тепло- и электроизоляционные характеристики, улучшить ряд физико-механических показателей (уменьшить или даже полностью исключить хрупкость, повысить адгезию к металлам и другим материалам) [4]. В этом отношении наиболее предпочтительными по совокупности свойств и доступности являются крупнотоннажно выпускаемые промышленностью полимеры – полиэтилен и другие термопласты конструкционного назначения. Однако применение их в композиционных материалах на основе гипсовых вяжущих сдерживается термодинамической несовместимостью с водой, используемой для затворения гипса [5]. Так же как и другие минеральные вяжущие, гипс хорошо совмещается с водорастворимыми полимерами (фенольными, карбамидными, эпоксидными и др.), способными в твердеющем цементном камне переходить в твердое нерастворимое состояние под воздействием нагревания или щелочной среды, возникающей при гидратации цемента, или вследствие взаимодействия со специально вводимыми добавками – отвердителями [6]. Однако такие гипсополимерные системы неустойчивы в воде и водных растворах. Присутствие в твердеющей системе водорастворимых органических веществ замедляет твердение вяжущего. Поэтому во влажных условиях такие материалы медленнее набирают прочность, чем материалы на основе одного минерального вяжущего. Кроме того, влажность препят-

ствует пленкообразованию из полимерной дисперсии, т. е. замедляет формирование структуры полимерного вяжущего [7]. Аналогичные недостатки присущи материалам на водных дисперсиях полимеров. Последние системы термодинамически неустойчивы, склонны к коагуляции, поэтому в состав таких дисперсий вводят большое количество стабилизаторов – ПАВ. Они вызывают значительное воздухововлечение, увеличивают пористость материала и, как следствие, снижают его прочность.

Теоретически этих недостатков лишены материалы на водонерастворимых полимерах. Однако в этом случае возникает проблема совместимости гидрофобных полимерных материалов с водными растворами минерального вяжущего. Для повышения совместимости с водой используют эмульгаторы (для жидкофазных полимеров – смол) или ПАВ (для твердофазных порошкообразных полимеров) [8], но в этом случае проблема недостаточной водостойкости возникает вновь. Кроме того, частицы полимера, изолированные друг от друга стабилизирующими веществами, не образуют сплошной системы (полимерного каркаса) и, фактически, играют роль инертного наполнителя, что не позволяет в полной мере использовать их достоинства, снижает прочностные характеристики материала.

Для решения проблемы совместимости водонерастворимых полимеров с водными растворами минеральных вяжущих нами предпринята попытка использовать обнаруженный в [14] эффект совместимости с водой смеси двух несовместимых с водой по отдельности веществ: порошкообразного полиэтилена и отработанного минерального масла. Содержащиеся в таком масле полярные группы позволяли ему выполнять функцию ПАВ.

Такая композиция хорошо совмещалась с водными растворами минеральных вяжущих (гипса, портландцемента), однако прочность материала, полученного путём отверждения минерального вяжущего и термообработки для расплавления полимерной фракции, оказалась невелика. Причина была в том, что частицы полимера образовывали самостоятельную фазу, слабо связанную с минеральной фазой вследствие наличия на поверхности частиц смазки, практически сводящей на нет адгезию полимера к минеральной матрице материала. Фактически частицы полимера в таком материале играли роль пор, в такой же степени снижая прочность материала.

Для улучшения физико-механических характеристик материала минеральное масло было заменено на высыхающее растительное масло (олифу). Исследование совме-

стимости олифы с полиэтиленом показало, что порошкообразный полиэтилен и олифа смешиваются в любых соотношениях без расслоения на фазы. При термообработке смеси жидкой олифы с полимером в формах могут быть получены конструкционные изделия, а методом прессования между нагретыми плитами пресса – плёнки.

Смесь олифы с полиэтиленом хорошо совмещается с водными растворами гипса и цемента. При перемешивании композиции на основе олифы, полиэтилена и водных растворов минерального вяжущего наблюдается значительное воздухововлечение, что в данном случае имеет положительное значение, так как создает условия для окисления (полимеризации) олифы. Тем не менее процесс полимеризации в этих условиях требует значительно большего времени. Учитывая, что полимеризация олифы даже в тонком слое происходит не менее чем за 24 ч, можно утверждать, что в этих условиях олифа не успевает окислиться и прочность образцов обусловлена только свойствами гипса. После отверждения минерального вяжущего и нагрева образцов выше температуры плавления полиэтилена (150 °С) полимеризация олифы ускоряется, вследствие чего прочность образцов существенно возрастает.

Таким образом, после охлаждения образуется материал, характеризующийся наличием трех непрерывных, взаимопроникающих структур: минеральной, образующейся при отверждении гипса; структуры синтетического полимера (термопласта) – за счет заполнения расплавом полиэтилена пор и дефектов в образцах; структуры искусственного полимера (реактопласта), образующегося при окислении олифы.

Для оптимизации состава гипсополимерных материалов использовали метод симплекс-решетчатого планирования. Для каждого из исследуемых свойств (плотность, теплопроводность, водопоглощение и твердость) были построены трехкомпонентные диаграммы в координатах гипс – смесь воды и целлюлозы – полиэтилен.

Данные, приведённые в таблице 1, использованы при построении трёхкомпонентной диаграммы зависимости плотности гипсополимерных образцов от их состава (рисунок 1).

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента по определению плотности образцов системы полиэтилен + олифа – бумага – гипс

x_1 , % мас. Гипс полуводный (порошок)	x_2 , % мас. Бумага + вода (1:9)	x_3 , % мас. Полиэтилен + олифа (1:4)	Y , г/см ³ Плотность
100	0	0	$Y_1 = 1,241$
0	100	0	$Y_2 = 0,28$
0	0	100	$Y_3 = 0,94$
50	50	0	$Y_{12} = 0,641$
50	0	50	$Y_{13} = 0,897$
0	50	50	$Y_{23} = 0,61$
75	25	0	$Y_{1112} = 0,937$
25	75	0	$Y_{1222} = 0,393$
75	0	25	$Y_{1113} = 1,032$
25	0	75	$Y_{1333} = 1,015$
0	75	25	$Y_{2223} = 0,445$
0	25	75	$Y_{2333} = 0,775$
50	25	25	$Y_{1123} = 0,779$
25	50	25	$Y_{1223} = 0,459$
25	25	50	$Y_{1233} = 0,686$

Анализ диаграммы показывает, что минимальная плотность образцов характерна для составов, содержащих 7–25 % гипса, 65–85 % воды и бумаги, 7–30 % пластифицированного олифой полиэтилена (1:4). Это обусловлено низкой плотностью бумаги и большим количеством пор, остающихся после испарения воды в процессе высыхания образцов. При содержании гипса 10–60 %, бумаги и воды 25–40 % плотность композиции увеличивается двукратно в диапазоне концентраций полимерного компонента (смесь полиэтилена с олифой) 10–60 %. Максимальная плотность состава наблюдается при содержании бумаги менее 20 % и при содержании олифы с ПЭ менее 30 %, что происходит из-за более высокой плотности и меньшей пористости образцов с содержанием гипса более 75 %.

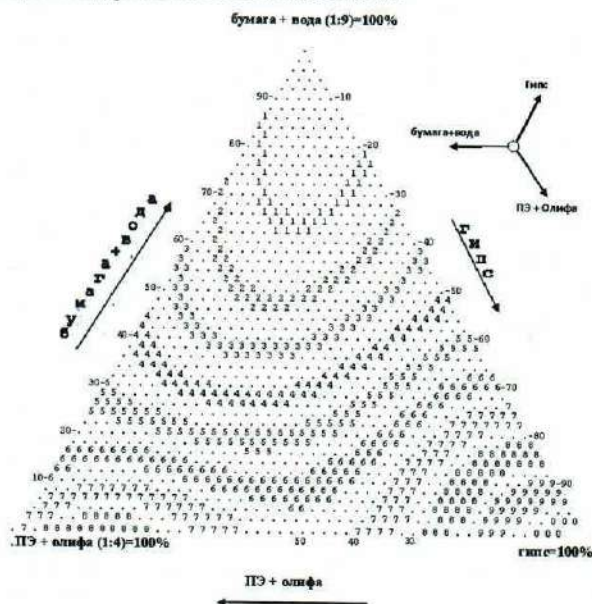


Рисунок 1 – Треугольная диаграмма зависимости плотности от состава (Y , г/см³), соответствующая цифрам на изотермах: 1 – $Y = 0,376$; 2 – $Y = 0,472$; 3 – $Y = 0,568$; 4 – $Y = 0,664$; 5 – $Y = 0,761$; 6 – $Y = 0,857$; 7 – $Y = 0,953$; 8 – $Y = 1,049$; 9 – $Y = 1,145$; 0 – $Y = 1,241$

В таблице 2 приведена матрица планирования, в которой представлены результаты расчёта теплопроводности образцов в узловых точках симплексной решётки (рисунок 2).

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента по определению теплопроводности образцов системы полиэтилен + олифа – бумага – гипс

x_1 , % мас. Гипс полуводный (порошок)	x_2 , % мас. Бумага + вода (1:9)	x_3 , % мас. Полиэтилен + олифа (1:4)	Y , г/см ³ Плотность
100	0	0	$Y_1 = 0,533$
0	100	0	$Y_2 = 0,06$
0	0	100	$Y_3 = 0,375$
50	50	0	$Y_{12} = 0,223$
50	0	50	$Y_{13} = 0,353$
0	50	50	$Y_{23} = 0,207$
75	25	0	$Y_{1112} = 0,374$
25	75	0	$Y_{1222} = 0,106$
75	0	25	$Y_{1113} = 0,423$
25	0	75	$Y_{1333} = 0,414$
0	75	25	$Y_{2223} = 0,129$
0	25	75	$Y_{2333} = 0,29$
50	25	25	$Y_{1123} = 0,779$
25	50	25	$Y_{1223} = 0,292$
25	25	50	$Y_{1233} = 0,245$

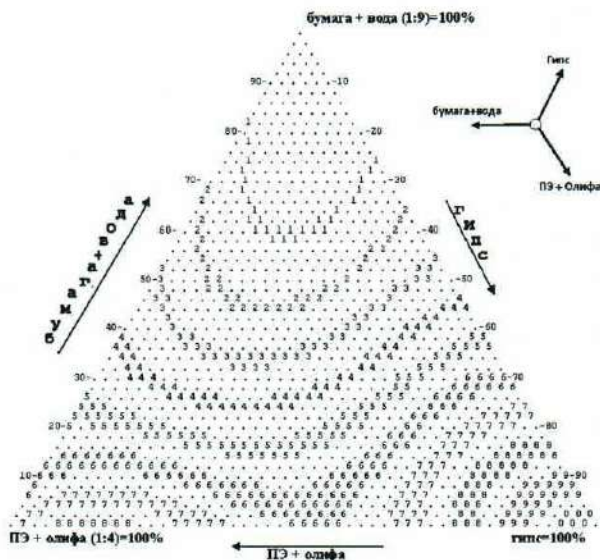


Рисунок 2 – Треугольная диаграмма зависимости теплопроводности (Y , Вт/(м·К)) от состава соответствующая цифрам на изолиниях: 1 – $Y = 0,107$; 2 – $Y = 0,155$; 3 – $Y = 0,202$; 4 – $Y = 0,249$; 5 – $Y = 0,297$; 6 – $Y = 0,344$; 7 – $Y = 0,391$; 8 – $Y = 0,438$; 9 – $Y = 0,486$; 0 – $Y = 0,533$.

Из диаграммы видно, что изолинии теплопроводности схожи с изолиниями на диаграмме плотности, так как параметр теплопроводности образцов был рассчитан по формуле Некрасова исходя из плотности образцов. Минимальный коэффициент теплопроводности соответствует составам с содержанием бумаги 60–85 %, что обусловлено большим количеством пор в образцах после высыхания воды, связанной с целлюлозой. Коэффициент теплопроводности растёт до 0,35 Вт/(м·К) при соотношении ПЭ + олифа и гипса 1:1.

Таблица 3 содержит данные для построения симплекса водопоглощения исследуемых композитов (рисунок 3).

Таблица 3 – Матрица планирования эксперимента по определению водопоглощения образцов системы полиэтилен + олифа – бумага – гипс

x_1 , % мас. Гипс полуводный (порошок)	x_2 , % мас. Бумага + вода (1:9)	x_3 , % мас. Полиэтилен + олифа (1:4)	Y , г/см ³ Плотность
100	0	0	$Y_1 = 19,8$
0	100	0	$Y_2 = 200$
0	0	100	$Y_3 = 0$
50	50	0	$Y_{12} = 75,1$
50	0	50	$Y_{13} = 34,5$
0	50	50	$Y_{23} = 0$
75	25	0	$Y_{1112} = 31,8$
25	75	0	$Y_{1222} = 176,4$
75	0	25	$Y_{1113} = 21,5$
25	0	75	$Y_{1333} = 0$
0	75	25	$Y_{2223} = 0$
0	25	75	$Y_{2333} = 0$
50	25	25	$Y_{1123} = 47,2$
25	50	25	$Y_{1223} = 115,8$
25	25	50	$Y_{1233} = 55,2$

Анализ диаграммы показывает, что высокие значения водопоглощения (>100 %) характерны для композитов с содержанием бумаги с водой более 50 %, что так же обусловлено большим количеством пор открытого характера. При повы-

шении содержания ПЭ и олифы до 70 % водопоглощение снижается практически до нуля, но образцы с таким составом практически не твердеют, так как доступ кислорода к олифе в теле образца затруднен, ее окислительная полимеризация практически не происходит, поэтому физико-механические характеристики образцов существенно снижены и, соответственно, практической пользы составы композитов, отвечающих данной области диаграммы, не имеют.

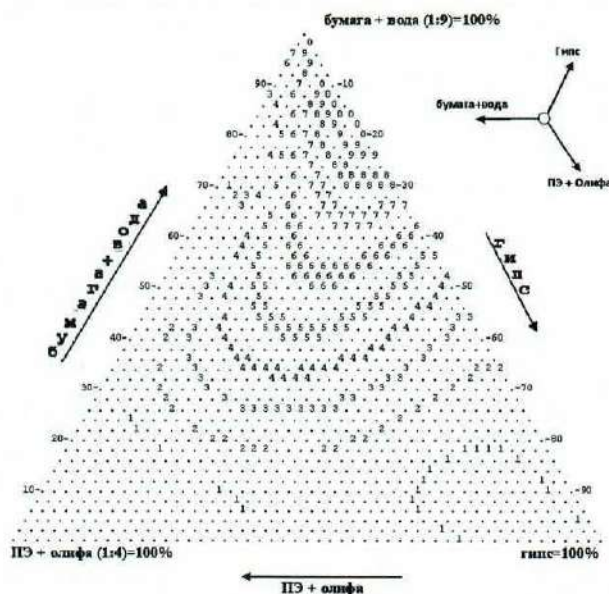


Рисунок 3 – Треугольная диаграмма зависимости водопоглощения по массе (Y , %) от состава, соответствующая цифрам на изолиниях: 1 – $Y = 20$; 2 – $Y = 40$; 3 – $Y = 60$; 4 – $Y = 80$; 5 – $Y = 100$; 6 – $Y = 120$; 7 – $Y = 140$; 8 – $Y = 160$; 9 – $Y = 180$; 0 – $Y = 200$.

В таблице 4 приведены данные для построения трехкомпонентной системы, характеризующей зависимость относительной твердости образцов исследуемых композитов от их состава.

Таблица 4 – Матрица планирования эксперимента по определению относительной твердости образцов системы полиэтилен + олифа – бумага – гипс

x_1 , % мас. Гипс полуводный (порошок)	x_2 , % мас. Бумага + вода (1:9)	x_3 , % мас. Полиэтилен + олифа (1:4)	Y , см ⁻¹ Твёрдость
100	0	0	$Y_1 = 19,8$
0	100	0	$Y_2 = 200$
0	0	100	$Y_3 = 0$
50	50	0	$Y_{12} = 75,1$
50	0	50	$Y_{13} = 34,5$
0	50	50	$Y_{23} = 0$
75	25	0	$Y_{1112} = 31,8$
25	75	0	$Y_{1222} = 176,4$
75	0	25	$Y_{1113} = 21,5$
25	0	75	$Y_{1333} = 0$
0	75	25	$Y_{2223} = 0$
0	25	75	$Y_{2333} = 0$
50	25	25	$Y_{1123} = 47,2$
25	50	25	$Y_{1223} = 115,8$
25	25	50	$Y_{1233} = 55,2$

На рисунке 4 приведена треугольная диаграмма зависимости твердости от состава под нагрузкой 5Н и диаметром индикатора $d = 2$ мм.

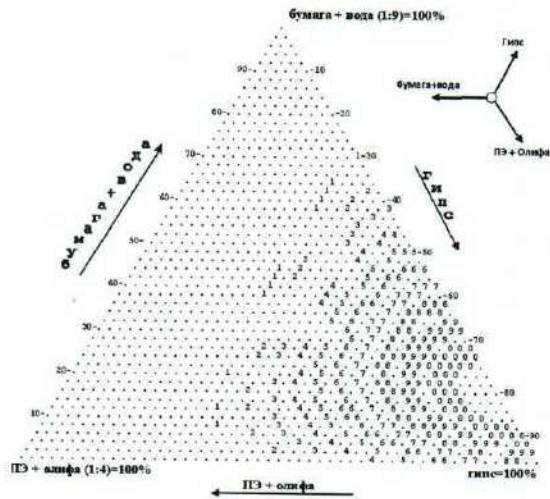


Рисунок 4 – Треугольная диаграмма зависимости твёрдости ($Y, \text{см}^{-1}$) от состава под нагрузкой 5Н, диаметр индикатора $d = 2 \text{ мм}$, соответствующая цифрам на изолиниях: 1 – $Y = 3,3$; 2 – $Y = 6,6$; 3 – $Y = 9,9$; 4 – $Y = 13,2$; 5 – $Y = 16,5$; 6 – $Y = 19,8$; 7 – $Y = 23,1$; 8 – $Y = 26,4$; 9 – $Y = 29,7$; 0 – $Y = 33$.

Диаграмма на рисунке 4 показывает, что наибольшей твёрдостью обладают образцы состава: гипс – 65–90 %, бумага + вода – 5–25 %, ПЭ + олифа – 5–10 %. Анализ этих данных позволяет сделать следующий вывод: волокна целлюлозы являются армирующим компонентом, затрудняющим проникновение наконечника измерительного шупа в тело образца. Расплав полиэтилена, покрытый полимеризованной олифой, составляет дополнительный упругий каркас, образующаяся сетка в сетке (гипс и полимерная структура) способствует повышению твёрдости композита.

Изолинии оптимального значения каждого исследуемого параметра наносили на отдельную треугольную диаграмму, ими была ограничена область оптимального состава композита.

Диаграмма оптимального состава разрабатываемого композита представлена на рисунке 5.

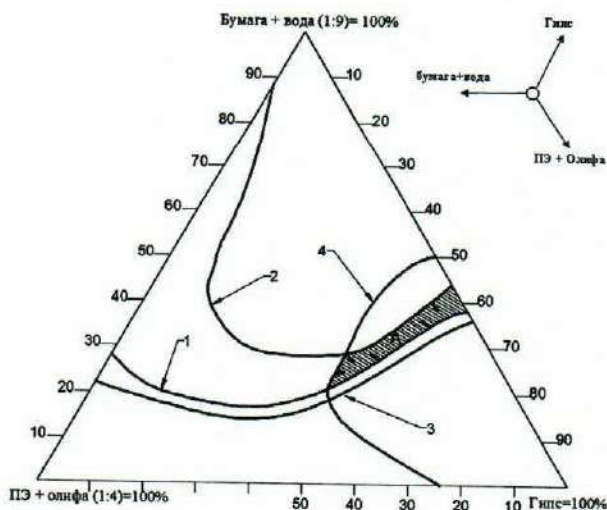


Рисунок 5 – Треугольная диаграмма оптимального состава: 1 – изолиния постоянного значения плотности $\rho = 0,76 \text{ г/см}^3$; 2 – изолиния постоянного значения водопоглощения; $W = 60 \%$; 3 – изолиния постоянного значения теплопроводности $\lambda = 0,297 \text{ Вт/(м·К)}$; 4 – изолиния постоянного значения относительной твёрдости $Y = 16,5 \text{ см}^{-1}$; А – область оптимального состава. Стрелками показано желаемое изменение свойства

Диаграмма построена путём наложения на треугольный симплекс изолиний постоянных значений свойств от состава, область, ограниченная изолиниями, соответствует оптимальному составу. Значение плотности и водопоглощения выбрано исходя из характеристик традиционного гипсобетона на органическом заполнителе, объёмный вес которого составляет $800\text{--}1000 \text{ кг/м}^3$ (выбранное значение 760 кг/м^3), а водопоглощение не должно превышать 65 % (в нашем случае $W < 60 \%$). Теплопроводность ограничена значением в $0,3 \text{ Вт/(м·К)}$, что соответствует показателю гипсобетона марки D1000. Твёрдость разрабатываемого композита определена как относительное значение, составляющее 55 % от твёрдости чистого гипса.

На рисунках 6–8 приведены макро- и микрофотографии структуры образцов с оптимальным содержанием компонентов (см. рисунок 7), и содержанием, выходящим за рамки оптимального см. (см. рисунки 6 и 8). Согласно рисункам наиболее однородной структурой с наименьшим числом пор характеризуется образец № 5 (см. рисунок 7). Среди трех сравниваемых образцов он обладает лучшими показателями физико-механических свойств.

Повышенное содержание целлюлозы в композиции (см. рисунок 6) приводит к появлению большого числа пор. На микрофотографии видны хаотично расположенные волокна целлюлозы в полимерной оболочке, в центре можно заметить отдельные кристаллы гипса. Структура минеральной составляющей композита, основного носителя прочности, нарушена. Образец по тактильным и визуальным качествам напоминает пробку. Прочность его относительно невелика.

Поверхность образца № 7 (см. рисунок 8) неоднородная. Под микроскопом волокна целлюлозы хуже просматриваются, располагаются хаотично в полимерной аморфной фазе. Так же как и в предыдущем образце, видны отдельные скопления кристаллов гипса, из чего можно сделать вывод: дальнейшее повышение содержания соединения олифы с полиэтиленом нецелесообразно, так как нарушается целостность гипсокристаллической решётки. Отдельные образования полуводного гипса разделяются при приготовлении и формовании образца. Этот фактор отрицательно влияет на механические характеристики композита, что подтверждается тактильными ощущениями – образец мягкий, податливый.

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что совместимость неполярных водонерастворимых полимеров с водными суспензиями гипсового минерального вяжущего может быть достигнута путем смешивания полимера с высыхающим растительным маслом – олифой, которое выполняет в данном случае функцию ПАВ.

Установлено, что формируемый при затвердевании такой смеси материал характеризуется наличием трёх взаимопроникающих структур: минеральной, образующейся за счёт отверждения гипса; на основе синтетического полимера (термопласта) – за счёт заполнения расплавом полимера пор и дефектов в образцах; включений искусственного полимера (реактопласта), образующегося при полимеризации (окислении) растительного масла.

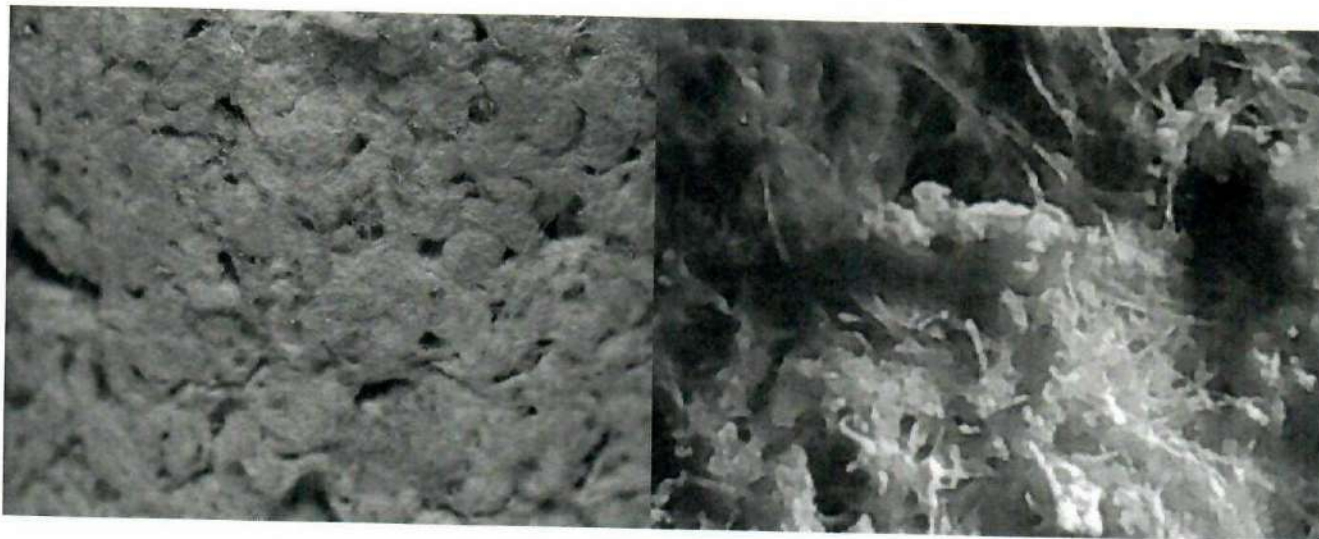


Рисунок 6 – Макроструктура (слева) и микроструктура (справа) образца № 6
Состав: гипс 25 %, бумага + вода (1:9 мас. ч.) 50 %, олифа + полиэтилен (4:1 мас. ч.) 25 %

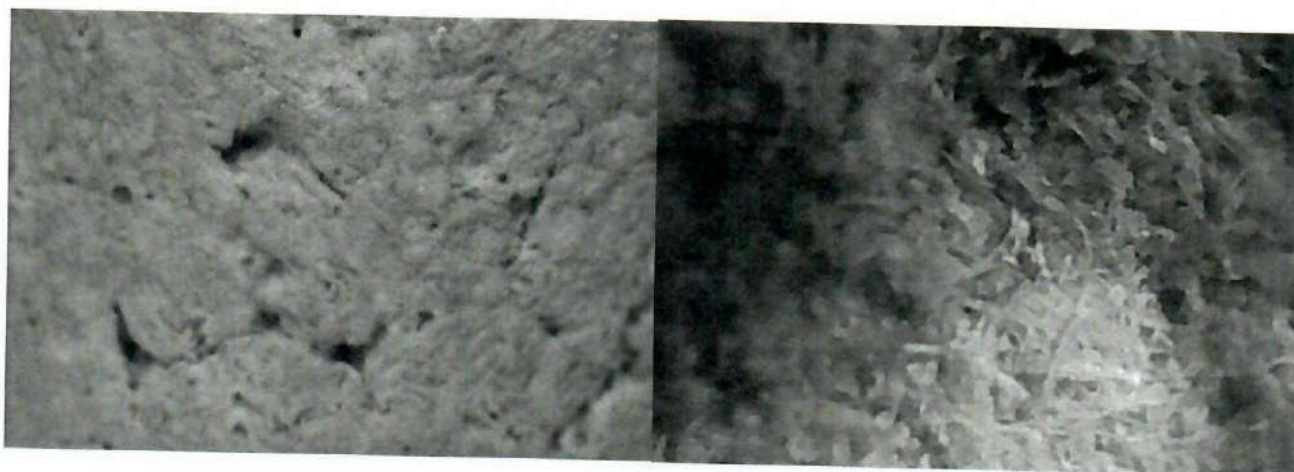


Рисунок 7 – Макроструктура (слева) и микроструктура (справа) образца № 5
Состав: гипс 50 %, бумага + вода (1:9 мас. ч.) 25 %, олифа + полиэтилен (4:1 мас. ч.) 25 %

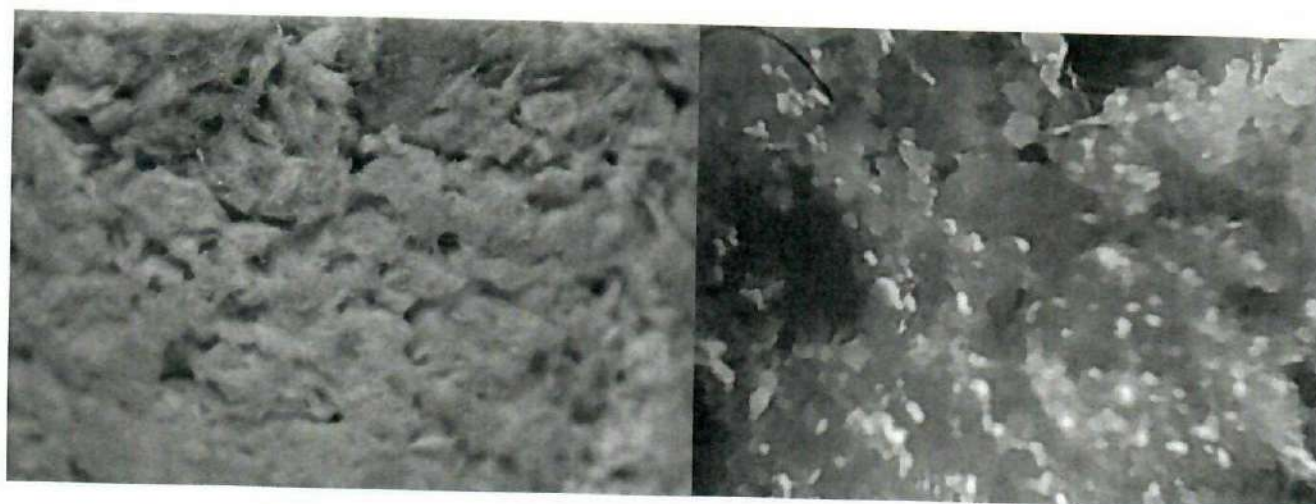


Рисунок 8 – Макроструктура (слева) и микроструктура (справа) образца № 7
Состав: гипс 25 %, бумага + вода (1:9 мас. ч.) 25 %, олифа + полиэтилен (4:1 мас. ч.) 50 %

Установлено, что добавление волокон целлюлозы в виде отходов размоченной бумаги, положительно влияет на такие свойства композиционного материала, как плотность, теплопроводность, относительная твёрдость. Соответственно при определённом количестве бумаги прочностные характеристики материала улучшаются, так как целлюлоза играет роль армирующего компонента. Негативные последствия введения бумаги в материал, такие как повышенное водопоглощение и открытая пористость, можно компенсировать путём регулирования концентрации полимерной составляющей композиционного материала.

Состав полученного гипсополимерного материала оптимизирован по критериям эксплуатационных свойств. Показано, что оптимальным является следующее соотношение компонентов: гипс – 45–60 %, бумага + вода – 20–45 %, полимерный компонент (ПЭ + олифа 1:4) – 10–35 %. В зависимости от конкретных требований и условий эксплуатации композиционного материала (в качестве теплоизоляционного, конструктивно-теплоизоляционного и др.) состав может корректироваться.

Получено 12.03.2018

A. S. Neverov, L. V. Samuseva, Yu. V. Alyokhin. Development of the composition gipsopolimer composite material.

The compatibility of nonpolar water-insoluble polymers with aqueous suspensions of a gypsum binder was studied. It is possible to increase it by mixing the polymer with the drying vegetable oil – linseed oil, which in this case performs the function of surfactants. The compositions of thermal insulation materials based on mineral and organic binders and wastes of the pulp and paper industry have been developed and optimized according to the performance criteria.

Список литературы

- 1 **Петров, В. П.** Гипс // Большая советская энциклопедия / В. П. Петров. – М. : Советская энциклопедия, 1971. – Т. 6. – С. 549.
- 2 **Коган, Г. С.** Гипсовые вяжущие материалы // Большая советская энциклопедия / Г. С. Коган. – М. : Советская энциклопедия, 1971. – Т. 6. – С. 549–550.
- 3 **Коган, Г. С.** Гипсовые и гипсобетонные изделия / Г. С. Коган // Большая советская энциклопедия. – М. : Советская энциклопедия, 1971. – Т. 6. – С. 550–551.
- 4 **Грин, К. Т.** Влияние добавок на прочность бетонов / К. Т. Грин // Матер. 4-го Междунар. конгресса по химии цемента. – М. : Стройиздат, 1964. – С. 275.
- 5 **Шиц, Л. А.** Полимербетон // Большая советская энциклопедия / Л. А. Шиц. – М. : Советская энциклопедия, 1975. – Т. 20. – С. 202.
- 6 **Волженский, А. В.** Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства) : учеб. для вузов / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1979. – 476 с.
- 7 **Попов, К. Н.** Строительные материалы и конструкции / К. Н. Попов, М. Б. Дкуда. – М. : Высш. шк., 1987. – 72 с.
- 8 А. с. СССР 768225. Полимерная композиция. С08L, 1980.

УДК 539.3

А. А. ПОДДУБНЫЙ, кандидат физико-математических наук, А. В. ЯРОВАЯ, доктор физико-математических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МОНИТОРИНГ ПРИМЕНЕНИЯ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ МОСТОВ И ПЕРЕПРАВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Приведена краткая характеристика быстровозводимых мостов, временных мостовых сооружений и обоснована необходимость их применения в экстремальных условиях (стихийных бедствиях, техногенных катастрофах и т. п.). Представлен анализ современных сборно-разборных конструкций мостов и переправ.

Мостовой переход (мост) является сложным инженерным сооружением, состоящим из отдельных объектов (опор, пролетных строений, эстакад, подходных насыпей и т. д.), капитальный ремонт или новое строительство которых требует значительного времени, что определено требованиями безопасности к данному виду коммуникациям. Необходимо отметить, что «фактор времени» строительства мостового перехода может быть приоритетным, особенно при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (наводнений, природных и техногенных катастроф и т. п.), когда происходит его разрушение и необходимо в кратчайшие сроки восстановить его или построить новое сооружение, а также оказать помощь пострадавшим районам, количество которых в результате паводков и стихийных бедствий постоянно увеличивается.

Республика Беларусь имеет значительные водные ресурсы, разнообразие рельефов местности, поэтому подвержена опасным стихийным гидрологическим явлениям: паводкам, половодьям, наводнениям, заторам во время ледохода. Наводнения наблюдаются каждый год на территории страны и занимают первое место в ряду стихийных бедствий по повторяемости и площади распространения. В многоводные годы водность рек может увеличиваться на 30 %. Половодье на юго-западе Республики Беларусь начинается в первой половине марта, на юго-востоке – в конце марта – начале апреля и продолжается от 30 до 120 дней. На крупных реках половодье может затягиваться до 2–2,5 месяцев. При этом подъем воды в белорусских реках всегда идет более быстрыми темпами, чем ее спад и продолжается в среднем 14–20 суток, а спад – около 30–40 суток. Особенно затягивается спад в центральной части Полесья – до конца мая – начала июня, постепенно переходя в летние паводки. Так, весной 2018 года на территории Беларуси зафиксированы сильные паводки во многих областях страны. При этом особенно выделяются пять районов Гомельской области (Петриковский, Мозырский, Житковичский, Ветковский и Гомельский), в Минской области отмечено более полусотни подтоплений, а в Столбцовском районе выход воды из некоторых рек превысил 15 м. Помимо этого в Гродненской области смыло мост через реку Неман и паводок разрушил большую часть 70-метровой переправы. В результате внезапного ледохода практически уничтожен деревянный мост, соединявший прибрежную д. Корицница с районным центром.

Причиной данных природных катаклизмов стало глобальное потепление на планете. При этом следует учитывать, можно сказать, «возрастные проблемы» мо-

стов, построенных в XX веке и не рассчитанных на современные условия их эксплуатации при изменившемся температурном режиме, который отличает резкий перепад, например с 16 до 31 °С. Так, максимальный вес большегрузного автомобиля в конце XX века составлял 18 т, а современный автопоезд весит 60 т, и к этому обстоятельству необходимо добавить поток легковых автомобилей, количество которых выросло в сотни раз за истекший период и, как следствие, оказало значительное влияние на долговечность конструкций мостов, многие из которых находятся в аварийном состоянии, что подтверждается последствиями Житковичской чрезвычайной ситуации, когда полотно проезжей части просело примерно на полметра по всей его ширине и на стыке образовался поперечный разлом шириной 5 см. Данный случай не единственный, таких типовых мостов, построенных в 1980-е годы, в стране пять, из них два находятся в Гомельской области, два – в Могилевской и один – в Витебской. При этом в Гомельской области они наиболее длинные и, как оказалось, наиболее проблемные (рисунок 1).

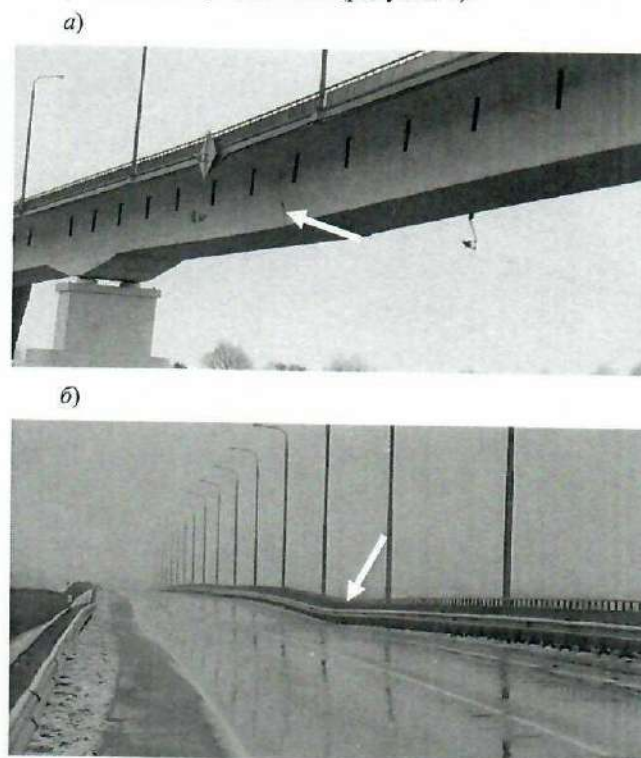


Рисунок 1 – Повреждение железобетонного коробчатого пролетного строения автодорожного моста через реку Припять между г. п. Житковичи и Туров:
а – трещина (вид снаружи); б – трещина (внутри моста)

Как видно из рисунка 1, на мосту имеются трещины, которые являются признаками разрушения опорной поверхности под двумя крайними пролетными строениями. Отличительной особенностью конструкции мостов этого типа является армирующая функция натягивающих стальных тросов внутри бетонного основания. Однако, как выяснилось сегодня, полости, в которых находились тросы и натягивающие их элементы, не были заполнены бетоном, что привело к попаданию туда влаги и, как следствие, вызвало коррозию металла. Мониторинг показал, что в контрольных зонах повреждены от 30 до 40 % тросов. Помимо этого выявлены наиболее часто встречающиеся дефекты железобетонных мостов, проявляющиеся в виде трещин (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика видов трещин

Виды трещин	Причина появления	Опасность проявления
Вертикальные (температурные)	Заклинивание подвижных опорных частей	Ослабление соединения опорной части и пролетного строения
Вертикальные силовые в растянутых зонах	Образование растянутых и изгибаемых элементов в обычной арматуре	Ржавление рабочей арматуры (более 0,2 мм в агрессивной среде и более 0,3 мм в неагрессивной)
Усадочные	Недостаточный уход за бетоном в процессе его твердения (образование мелкой сетки с раскрытием до 0,2 мм)	Задерживание влаги и разрушение защитного слоя бетона
Наклонные (ошибка армирования на стадии расчета)	Образование в опорных участках растягивающих, усадочных и температурных напряжений	Снижение несущей способности, недостаточная трещиностойкость конструкции
Продольные между плитой и ребром элемента	Нарушение технологии укладки и уплотнения бетонной смеси	Нарушение целостности конструкции
Продольные в торцах преднапряженных элементов	Возникновение значительных местных растягивающих напряжений в районе анкеров напрягаемой арматуры (недостаточное натяжение арматуры)	Ржавление анкеров и напрягаемой арматуры
Продольные вдоль арматурных пучков в преднапряженных элементах	Образование больших сжимающих напряжений в бетоне при натяжении арматуры (чрезмерное натяжение арматуры из-за нарушения технологии изготовления)	Интенсивная коррозия арматуры при раскрытии более 0,2 мм

Таким образом, как показала практика, визуальные обследования являются неременным условием выполнения работ по обследованию и испытанию мостов, что позволяет фиксировать видимые разрывы отдельных элементов конструкции, различные дефекты поверхностного слоя вследствие влияния коррозионных процессов или механических статических и динамических нагрузок. Натурные обследования железобетонных мостов и анализ технической литературы также показали, что уже на стадии строительства в них могут появляться трещины различного вида, через которые в полотно поступают пыль, реагенты против скольжения и обледенения, смазочные материалы и топливо от транспортных средств, способствуя тем самым разрушению конструкции. Продольные трещины образуются от непрочности дорожной конструкции из-за недостаточного уплотнения или осадки дорожного полотна. Мелкие сетки трещин образуются вследствие высокой влажности грунта и недостаточной прочности основания. Помимо этого, после 10–11 лет эксплуатации площадь сеток трещин резко увеличивается, а через 15 лет становится почти сплошным покрытием. Все это приводит к сезонным изменениям транспортных связей и сводится к замене не только транспортных средств, но и видов транспорта, а также маршрутов его следования, создавая тем самым неудобства для населения. Отличительной особенностью функционирования транспортных связей в таких условиях является неравномерность интенсивности грузоперевозок. При этом, естественно, повышается значение транспортных коммуникаций, особенно мостов, являющихся иногда единственным средством обеспечения жизнедеятельности населенных пунктов, в которых в результате наводнения и отсутствия транспортных связей появляется возможность заражения и загрязнения местности, заболачивания территории, что ведет к увеличению заболеваемости. Наводнение влияет на снабжение продовольствием и состояние жилья и тем самым отрицательно сказывается на здоровье населения. С другой стороны, неотложная помощь населению пострадавших районов способствует улучшению санитарно-гигиенических условий и снабжения продовольствием.

Таким образом, мост как инженерное сооружение, независимо от конструкции, требует постоянно мониторинга и в случае необходимости его восстановления или строительства нового. Поэтому применение быстровозводимых мостов и переправ является актуальным направлением исследований. Рассмотрим варианты решений по временному восстановлению движения при разрушении мостов в Республике Беларусь (таблица 2).

Анализ показал, что при сохранении опор возможно использование как временных, так и капитальных металлических и железобетонных пролетных строений, которые являются надежным способом восстановления транспортного сообщения. Однако для монтажа практически всех без исключения существующих временных сооружений применяется тяжелая техника, что требует дополнительное время на ее доставку.

В таблице 3 приведены этапы восстановления поврежденного пролетного строения железнодорожного капитального моста в результате техногенной аварии в районе станции Прибор Гомельской области.

Таблица 2 – Краткая характеристика быстровозводимых мостов и переправ, применяемых в Республике Беларусь





Тип быстровозводимых мостов	Место расположения	Грузоподъемность, т	Время на возведение моста из полного комплекта, ч
<p>Большой автодорожный разборный мост (БАРМ)</p> 	<p>Река Ведрич, Речицкий район, Гомельская область</p>	60	24
<p>Большой автодорожный разборный мост (БАРМ)</p> 	<p>Река Днепр, Шкловский район, Могилевская область</p>	60	24
<p>Малый автодорожный разборный мост (МАРМ)</p> 	<p>Река Друйка, Браславский район, Минская область</p>	50	8
<p>Временный наплавной автодорожный мост</p> 	<p>Река Западная Двина, г. п. Бешенковичи Минская область</p>	60	4–6

Таблица 3 – Этапы восстановления поврежденного пролетного строения железнодорожного капитального моста в результате техногенной аварии в районе станции Прибор Гомельской области с учетом скорости движения поездов

Повреждение пролетного строения железнодорожного капитального моста	Этапы восстановления		
	Установка сборно-разборных металлических эстакад на ближнем обходе (20–30 м от оси разрушения)	Открытие движения со скоростью 30 км/ч	Организация движения со скоростью 58 км/ч
			

Таким образом, быстровозводимые мосты и переправы имеют, хотя и преимущественно узкоцелевое назначение и применяются в качестве инвентарных конструкций для возведения постоянных мостов или пролетных строений временных мостов, но очень важное социальное значение. Помимо этого необходимо отметить, что их отличают относительно небольшая продолжительность строительства (весь цикл составляет несколько часов), низкая себестоимость по сравнению с аналогичным железобетонным или металлическим мостом (экономия средств 20–30 %), а также минимальные эксплуатационные затраты, связанные с отсутствием металла и, как следствие, с отсутствием коррозии и необходимости в текущем ремонте.

Получено 26.04.2018

A. A. Poddubny, A. V. Yarovaya. Monitoring of the application of prefabricated bridges and crossings in Belarus.

A brief description of prefabricated bridges, temporary bridge structures is given and the necessity of their use in extreme conditions (natural disasters, man-made disasters, etc.) is justified. The analysis of modern prefabricated structures of bridges and crossings is presented.

Список литературы

- 1 Поддубный, А. А. Перспективы применения быстровозводимых мостов / А. А. Поддубный, А. В. Яровая // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 1(34). – С. 83–86.
- 2 Сборно-разборный дорожный настил : пат. ВУ 19687 / А. В. Яровая, А. А. Поддубный. – Оpubл. 30.12.2015.
- 3 Сборно-разборный автодорожный настил : полез. модель ВУ 10312 / А. В. Яровая, А. А. Поддубный. – Оpubл. 30.10.2014.
- 4 Опорная часть моста : полез. модель и 20160085 / С. И. Новиков, А. В. Яровая, А. А. Поддубный [и др.]. – Регистр. № 11366 – 01.02.2017.
- 5 Амиров, Т. Ж. Трещины на асфальтобетонных покрытиях: причины образования и отрицательные последствия / Т. Ж. Амиров, О. З. Зафаров, Ж. М. Юсупов // Молодой ученый. – 2016. – № 6. – С. 74–75.

УДК 728.1

А. А. КАРАМЫШЕВ, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА К КОЛОРИСТИКЕ МАССОВОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Приведены результаты исследования вопроса колористики жилых массивов в отечественной и зарубежной практике в экстерьерах отдельных жилых зданий, микрорайонов и локальных типовых образований на примере г. Гомеля. Разработаны способы оценки, обобщена база цветовых решений на примере дипломных работ студентов кафедры «Архитектура и строительство», студенческой научно-исследовательской работы, а также практики существующих и строящихся зданий городской среды. На основании полученных результатов предложены методологические способы оценки и использования принципов колористики и суперграфики в оформлении фасадных плоскостей жилых многоэтажных зданий и формирования цветовой среды в массовой жилой застройке.

Введение. Понимание гармонии цветосочетаний имело место еще в античности, цветовая эстетика которой сыграла для европейского искусства не менее важную роль, чем античная философия для науки. Так, гармония цветосочетаний, полихромия, цветовые контрасты и др., сформированные в античной культуре, задали тон последующей истории европейской цивилизации. Например, в средние века цвет проявлялся в иконах и христианской символике, но играл весьма незначительную роль при строительстве. Архитектура романского стиля и готика цветовыми решениями не подкреплялись, опираясь исключительно на форму и архитектурную композицию, исходящие из целесообразности или, наоборот, ажурной возвышенности форм крепостей, замков и базилик.

В эпоху Ренессанса происходит возврат к полихромическому разнообразию античности, переосмысливается роль цвета в архитектуре, оформлении внутреннего пространства светских и религиозных сооружений, развивается и обогащается учение о гармонии цветосочетаний. Тем не менее при всех достижениях этой эпохи, «учение о цвете» не разрабатывается системно до начала XVII в., когда впервые природу цвета осознал Ньютон. Далее физической природой цвета занимались многие выдающиеся исследователи. И. В. Гете написал учение о цвете («Farbenlehre», 1790–1810 гг.), а в конце XIX в. немецкий ученый Г. Гельмгольц (1821–1894 гг.) подытожил знания о цвете как физическом и оптическом явлении и привел их в стройную систему.

Таким образом, реальную роль цвета и его психологического воздействия на людей архитекторы осознали довольно поздно [1]. С приходом «модернизма» и, особенно, «постмодернизма» в архитектуру XX века цвет осознается как отдельная автономная компонента, участвующая в создании архитектурного ансамбля здания. Уже в первой половине XX века работы Ф. Л. Райта, В. Гропиуса, Л. Вентури, М. Бройера, Р. Нойтры, Я. Чернихова, К. Мельникова и др., а также советских организаций эпохи «футуризма»: Живискульптарх, ВХУТЕМАС, ИНХУК и др. приносят свой вклад в учение о цвете, экспериментируя с архитектурными формами и их цветовыми решениями. Одним из величайших архитекторов того времени был «основатель» современной архитектуры Ле Корбюзье. Он привносит идеи о чистом и ярком цвете в архитектурной полихромии, ниспровергая авторитеты прошлых эпох, освобождает цвет от «подчинения» форме, что выражается в первичности его ощущения, обосновывает идею вытеснения архитектурного декора полихромией. Сегодня мы применяем любые средства архитектурной выразительности в различных сочетаниях, активно используя собственный

цвет и фактуру строительных и отделочных материалов как натурального, так и искусственного происхождения. Наиболее распространена практика окрашивания поверхностей в процессе возведения зданий и сооружений либо при изготовлении отдельных конструктивных элементов. С недавнего времени важнейшее значение приобрели технологии освещения и подсветки зданий в ночное время, что поставило новые задачи перед архитекторами. С помощью цвета создаются акцентированные точки при застройке жилых комплексов, выделяются отдельные детали сложноконструируемых зданий и сооружений.

В массовом жилом и гражданском строительстве, к сожалению, цветовому оформлению типовых жилых массивов и микрорайонов сегодня, когда покупка жилья стала явлением частным и, соответственно, требования к этому вопросу возросли многократно, не уделяется должного внимания. Хотя понятно, что разработка цветовых решений без удорожания стоимости квартир, в рамках капитального ремонта здания, способна разнообразить застройку, придать ей индивидуальность, повысить товарную значимость объекта, создать уникальные ансамбли микрорайонов. Индивидуальный подход при оформлении цветовых решений многоэтажной типовой застройки, на наш взгляд, – важнейшая из задач современной отечественной архитектуры [2].

Результаты экспериментов и их обсуждение. Научно-исследовательская работа ведется в направлении анализа особенностей восприятия цвета в типовом строительстве. Сделана попытка анализа использования цвета в современной массовой жилой застройке, показана необходимость индивидуализации жилища, активной работы с цветом в экстерьерах. Поэтому задачей исследования явилось выполнение первого этапа создания методологической основы принципов колористики массовой жилой застройки, что в современных условиях необходимо из-за децентрализации строительного процесса. Как правило, при выборе цветового решения фасадов вновь возводимого дома недостаточно учитывается сложившаяся композиция существующих построек. В микрорайонах, застраивавшихся в течение длительного времени, каждый дом имеет индивидуальное цветовое решение. В современных условиях при новом строительстве ситуация еще более усугубляется, если в разработке проектной документации принимает участие несколько проектных организаций. Это весьма характерно для областных центров, особенно учитывая, что специализированные проектные организации в настоящее время расширили сферу своей деятельности и берутся за разработку любых проектов (в том числе и по жилым домам, которые считаются пока не слишком сложными). Поэтому говорить о каком-то общем композици-

онно-цветовом решении существующих районов не приходится.

Сегодня мы значительно улучшили объемно-планировочную структуру многоэтажных жилых домов, которые стали более комфортабельными, проектируются с учетом потребностей современного городского жителя. Однако иногда, повышая комфортность жилища, мы забываем о важнейшей части этого комфорта – визуальной. Использование насыщенных цветовых гамм улучшает общее цветовое решение жилых массивов. Но вопросы общей цветовой композиции застройки в целом по микрорайону или комплексу жилых домов не находят своего законченного решения. В практике капитального ремонта жилого здания зачастую сложно найти достаточное финансирование на выполнение всех требуемых работ, здание поддерживается в требуемой степени эксплуатации, но средств на всё не хватает. И в этой связи необходимо учитывать тот факт, что наряду с прочностными характеристиками состояния износа эксплуатируемого объекта существует еще моральный износ. По этим показателям здание также нуждается в коррекции. Моральный износ может наступить не только по объективным показателям изменения потребностей жильцов в адекватной жилой среде, не только из-за изменения требований по составу квартиры, но еще и по состоянию наружного оформления самого здания. В условиях повышенных требований к обеспечению энергосбережения в составе капитального ремонта выполняется, в первую очередь, утепление наружных ограждающих конструкций. Повсеместно используется наружное утепление стен с применением минеральной ваты с последующим оштукатуриванием поверхностей, методом «термошуба». Стены оштукатуриваются с последующим окрашиванием по проекту. После основных работ здание необходимо окрасить, что требует дополнительных усилий по выполнению цветовых решений на качественно ином уровне, чем тот, на котором они выполняются сегодня. Появляется потребность в разработке цветовых решений, увязке их с окружающей застройкой.

В подобной работе необходимы усилия по организации цветовых решений микрорайона в целом, где нужно учитывать не только вопросы композиции цвета, но и уже сложившиеся традиции района, его инфраструктуру, особенности менталитета жителей, нужна разработка концепции «локальной истории» данного жилого массива. Именно на таком уровне возможно качественное «ощечивание» жилой отечественной архитектуры. Часто принято считать, что цвет – это лишь дополнительное средство, а основными являются композиция, пропорции и пластика фасадов, архитектурные детали. Утверждается, что классическая добротная архитектура в ярких красках не нуждается. Тем не менее очевидно, что невнятной колористикой можно уничтожить любую архитектурную выразительность, пластику, мысль. Подход к поиску новых цветовых методов, принципов и практик – это искусство, а не ремесло. Именно здесь талант архитектора способен выразиться в полной мере, здесь возможен качественный возврат к

Получено 20.02.2018

A. A. Karamyshev. Features of the methodological approach to coloristics of mass residential development. The results of the study of the issue of the coloristics of residential areas in domestic and foreign experience in the exterior of individual residential buildings, microdistricts and local standard formations are exemplified by the example of the city of Gomel. The methods of estimation are developed, the base of color decisions is generalized on the example of course and diploma work of the students of the department "PGS" and "Architecture", student research work, as well as the practice of existing and under construction urban environment. On the basis of the results, methodological methods for evaluating and using the principles of coloristics and supergraphy in the design of facade flats of residential multi-storied buildings and the formation of a color environment in mass residential development are proposed.

восприятию архитектуры как отдельного вида искусства. Проблема цвета – проблема комплексной методологии. Вполне возможно, что в дальнейшем мы придем к тому, что любой отдельный дом будет не «солдатом в строю», как выразился когда-то Ф. Хундертвассер, а стимулом к максимальному напряжению творческих сил.

Таким образом, можно выделить ряд положений для дальнейшего исследования и обсуждения в рамках заданной проблематики:

- 1) принципы восприятия цвета, основанные на исторических подходах к исследованию цвета;
- 2) физиологические и психологические особенности восприятия цвета человеком, где цвет – символ в архитектонике психического поля человека;
- 3) воздействие цвета на форму объекта;
- 4) анализ условий восприятия цветокомпозиционных решений архитектурных объектов в массовой городской застройке;
- 5) цвет в архитектуре и методы формирования колористической среды;
- 6) принципы и приемы построения гармоничных цветовых сочетаний в массовой застройке;
- 7) колористическое проектирование жилой среды с учетом традиционных и современных подходов к использованию цвета в мировой практике;
- 8) современное использование цвета в отечественной архитектуре на примере г. Гомеля (супреграфика, колористика);
- 9) зонирование цветовой композиции фасадов, как способ повышения выразительности;
- 10) разработка методов формирования цвето-композиционных решений на фасадных поверхностях на основе определения «фасадных зон».

Заключение. Выполненные исследования позволили предложить методологическую основу в подходе к вопросу использования цвета в массовой жилой застройке городских массивов, которая может быть использована:

- для повышения качества учебного процесса для студентов архитектурных профессий;
- как основа при создании качественного подхода к выполнению цветовых решений фасадных плоскостей при капитальном ремонте зданий, утепления стен с последующей окраской; как самостоятельная методика работы и взаимодействия с цветом в помощь профессиональным дизайнерам.

Список литературы

- 1 Стригалева, А. А. Архитектурная полихромия в условиях типизации и стандартизации строительства / А. А. Стригалева // Вопросы теории архитектурной композиции. – 1958. – Вып. 3.
- 2 Малков, И. И. Цветовая композиция городской застройки (на примере г. Гомеля) / И. И. Малков // Архитектура и строительство Республиканское унитарное предприятие «СтройМедиаПроект». – 2016. – № 3. – С. 48–51.

УДК 65.01.001.8

Н. В. ГОРЯЧЕВА, аспирант, Донецкий национальный университет им. В. Стуса, г. Винница, Украина

**РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ**

Рассмотрено формирование и развитие инновационной деятельности на промышленных предприятиях. Проанализирована динамика объемов финансирования инновационной деятельности в Украине за 2002–2015 гг., сделаны выводы, что промышленные предприятия финансируют инновационную деятельность преимущественно за счет собственных средств.

Обосновано, что инновационный процесс в Украине во время кризиса нуждается в альтернативных способах стимулирования. Разработана и предложена схема формирования и реализации инновационной стратегии на промышленном предприятии.

Рассмотрена отрасль вагоностроения, конкретные предприятия Украины, которые занимались инновационными изделиями. Предложены основные риски по стадиям и продвижениям инноваций.

Сделан вывод, что инновационное развитие в Украине требует управления на государственном уровне, которое включает в себя направление на поиск и анализ путей к стабильному социально-экономическому развитию промышленного предприятия и общества в целом.

Непрерывное создание инноваций и нововведений – главный фактор в конкурентной борьбе любого предприятия, региона и страны. Для того чтобы повышать уровень благосостояния населения, нужно непрерывно совершенствовать продукцию, а также производственные и управленческие функции на основе инноваций и инновационных технологий.

Вопросами развития инновационной деятельности занимались такие зарубежные и отечественные ученые, как: И. Ансоф [1], А. Бирман, М. И. Круглов, Г. Минцберг [7], К. Павлок, Б. Санти, А. Стрикланд, А. Томсон [8], Н. Н. Треньов [9], Ю. Шенгер, Й. Шумпетер и др.

Большая часть работ отображает системный подход к разработке управления развитием инновационной деятельности на промышленных предприятиях, которые ориентированы конкретно на собственника предприятия, его ресурсную базу, состояние внутреннего и внешнего состояния предприятия.

Несмотря на большой спектр практических и теоретических разработок в данной области, есть много вопросов, которые изучены не до конца.

В развитых странах рост ВВП составляет от 70 % до 85 %, который достигается от внедрения новых или усовершенствованных технологий.

Рынок инновационных технологий оценивается в 2,5–3 трлн дол., что гораздо больше рынка сырьевых и энергетических ресурсов.

Финансирование инновационной деятельности в основном происходит за счет средств заказчика и в основном иностранных заказчиков и в редких случаях последние годы за счет государственного бюджета.

В Украине распределение объемов финансирования инновационной деятельности за 2015 г. такой: за счет гос. бюджета – 55,1 млн грн., собственные средства – 13427,0 млн грн., средств иностранных инвесторов – 58,6 млн грн., другие источники – 273,0 млн грн. [5].

Инновации, которые разработаны за счет иностранных заказчиков, не являются интеллектуальной собственностью Украины.

С 2002–2014 г. ситуация изменилась, украинские предприятия стали активнее финансировать инновации за счет собственных средств. Но нужно отметить, что в настоящее время актуальной является проблема активизации инновационной деятельности украинских пред-

приятий, так как статистика свидетельствует о том, что в 2015 г. украинские предприятия резко утратили свои позиции на внутреннем рынке. За последние годы предприятий и организации, которые занимались исследованиями и разработками, стало меньше. Так, в 2003 г. 33 % предприятий, которые занимались исследованиями, а в 2015 г. – 17,3 %, то есть количество исследовательских организаций и предприятий уменьшилось на 15,7 % (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика объемов финансирования инновационной деятельности в Украине за 2002–2015 гг. [6]

В миллионах гривен

Год	Государственный бюджет	Собственные средства	Иностранные инвесторы	Другие источники
2002	45,5	2141,8	264,1	562,4
2003	93,0	2148,4	130,0	688,4
2004	63,4	3501,5	112,4	857,3
2005	28,1	5045,4	157,9	520,2
2006	114,4	5211,4	176,2	658,0
2007	144,8	7969,7	321,8	2384,7
2008	336,9	7264,0	115,4	4277,9
2009	127,0	5169,4	1512,9	1140,6
2010	87,0	4775,2	2411,4	771,9
2011	149,2	7585,6	56,9	6542,2
2012	224,3	7335,9	994,8	2925,6
2013	24,7	6973,4	1253,2	1311,3
2014	344,1	6540,3	138,7	672,8
2015	55,1	13427,0	58,6	273,0

Резкое падение инновационной деятельности связано с нестабильной экономической и политической ситуацией в Украине и потерей территории. Поэтому многие иностранные инвесторы не стали вкладывать инвестиции в украинские предприятия. Статистические данные показывают, что когда ситуация в Украине была стабильной, в 2002 г. иностранные инвесторы вложили 264,1 млн грн., а в 2015 г. – только 58,6 млн грн. Это на 205,5 млн грн. меньше. Также резко сократилось инвестирование и с других источников. Если в 2002 г. было 562,4 млн грн., то в 2015 г. – 273,0. Это на 289,4 млн грн. меньше. В связи с данной ситуацией предприятия начали больше финансировать инновационную деятельность за счет собственных средств. Так, в 2002 г. сумма составляла 2141,8 млн грн., а в 2015 г. – 13427,0 млн грн. Это связано

с тем, что многие украинские предприятия работали с российским рынком, который в данное время закрыт, а для того чтобы выйти на мировой рынок, нужно время для детального изучения рынка и спроса данной продукции на нём, а также время для разработки инновационного продукта (минимум три года).

Нужно отметить тот факт, что многие инновационные разработки являются заимствованными. В связи со сложившимся экономическим положением в Украине дешевле купить за рубежом инновационные технологии и патенты на новые разработки, чем проводить собственные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Основной проблемой, которая существует в настоящее время в инновационной сфере, является противоречие между современными требованиями к уровню организации инновационного процесса и существующей методологической базой на промышленных предприятиях. Прежде всего, подразумевается проведение НИОКР самостоятельно предприятием, которое является изготовителем инновационного изделия.

С каждым годом численность персонала, занятого исследованиями и разработками в Украине, сокращается. Если в 1991 г. было 295010 научных сотрудников, то в 2015 г. – 63864.

Это говорит о том, что если в ближайшие годы сохранится такая же тенденция, то отечественная промышленность будет зависеть от импортных разработок и патентов. Поэтому нужно в короткие сроки развивать собственные НИОКР и уделять больше внимания проблемам освоения инновационной продукции.

Для нормального развития науки государство примерно может довести уровень вложений в науку до 2,5 % ВВП. Богатство страны бывает абсолютным и относительным. Абсолютное – это общее количество производственных товаров и услуг ВВП. Относительное – ВВП, разделенное на количество человек, населяющих страну. Первый показатель – доля в общемировом ВВП, а второй – благосостояние граждан. Наука и образование – это затратные статьи бюджета каждого государства. Но, несмотря на это, США ежегодно продает права на интеллектуальную собственность более чем на 30 млрд дол., что существенно больше, чем российский нефтяной экспорт. В 2015 г. США отстают свое лидерство и остались на первом месте на фоне замедленной экономики Евразии и Китая (таблица 2). США с их колоссальным ВВП действительно могут позволить себе инвестировать в инновации 2,7–2,8 % и спокойно чувствовать себя на рынке технологий. Странам с меньшим ВВП рекомендуется тратить на науку больше, так как цены на инновации унифицируются.

Таблица 2 – Список стран по объему ВВП за 2015 г. [10]

Страна	ВВП, млрд дол.
США	18124,7
Китай	11211,9
Япония	4210,4
Германия	3413,5
Великобритания	2853,4
Франция	2469,5
Индия	2308,0
Бразилия	1903,9
Италия	1842,8
Канада	1615,5

Китай уступил лидерство США в 2015 г. в связи с удорожанием рабочей силы. Япония занимает 3-е место в мире по экспорту технологий и инновационной продукции, при этом имея самый низкий показатель безработицы. Германия занимает 4-е место и продолжает поддерживать страны-должники. Великобритания занимает 5-е место.

Мировой кризис, который был в 2009 г. коснулся всех стран в мире и ВВП упал, но в 2010 г., резко поднялся и вернул занятые показатели 2007 г., но дальше с каждым годом ВВП падает на 0,7 и 0,2 %, но показатели 2015 г. упали на 2,1 % по сравнению с 2010 г. (рисунок 1).

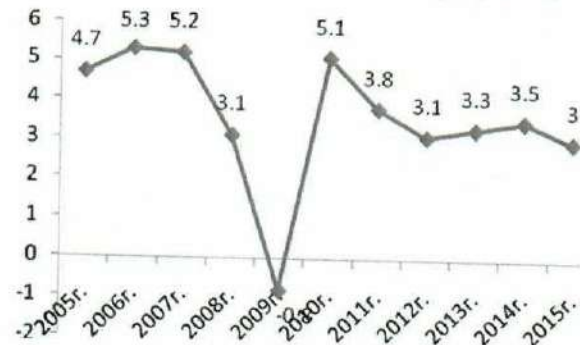


Рисунок 1 – Темпы роста ВВП мира в целом за 2005–2015 гг.

В настоящее время на мировом рынке технологий основным требованием является минимизация инновационного цикла.

Управление инновационным процессом представляет собой комплекс мер, которые обеспечивают целенаправленное воздействие управляющей системы на управление реализации стратегии и качественные изменения всей системы ее развития. Объектом управления могут выступать как инновационные системы всех уровней, так и инновационные процессы. Современная система управления инновационным процессом должна содержать следующие моменты: система подготовки и переподготовки кадров для работы в инновационной деятельности; механизм наращивания научно-технического потенциала; модернизация ресурсной базы; информационное и нормативно-правовое обеспечение инновационной сферы; система инвестиционного обеспечения; механизм разработки и реализации инновационных программ; система венчурного финансирования эффективных проектов, которые подразумевают высокий уровень риска.

Снижение уровня обеспечения инновационной деятельности обусловлено отсутствием необходимых финансовых средств. Это объясняется, во-первых, низким уровнем вложений в науку из государственного бюджета, во-вторых, местные органы власти делают еще меньше вложений в науку и инновационную деятельность.

Инновационный процесс требует альтернативных способов преодоления: разной стоимости проекта разработки, разных сроков выполнения проекта, разного состава исполнителей проекта и других мотиваций.

Экономический эффект, который ожидает получить предприятие (ожидаемый интегральный эффект), рассчитывается по формуле [4]

$$Э_{ож} = \sum Э_i P_i, \quad (1)$$

где $Э_i$ – интегральный эффект при i -м условии реализации; P_i – вероятность реализации i -го сценария.

В общем случае расчет рекомендуется проводить по формуле [4]

$$\mathcal{E}_{\text{ож}} = h\mathcal{E}_{\text{max}} + (1 - h)\mathcal{E}_{\text{min}}, \quad (2)$$

где h – специальный норматив для учета неопределенности экономического эффекта (его рекомендуется принимать на уровне 0,3); \mathcal{E}_{max} , \mathcal{E}_{min} – наибольшие и наименьшие из математических ожиданий интегрального эффекта по допустимым вероятностным распределениям.

Современная модель инновационного процесса имеет такие особенности: 1) ярко выраженная рыночная ориентация, не предложение инноваций, а спрос на них; 2) отслеживание механизма обратной связи между субъектами инновационной деятельности; 3) параллельно с исследованиями, связанными с научными знаниями, проводятся поисковые научно-исследовательские работы, которые являются первыми разработками инновационного изделия.

Организация управления инновационным процессом осуществляется исходя из совокупности принципов, которые отражают условия и правила ее формирования и специфику развития. К их числу относятся принципы открытости, целостности, системности, поддержания оптимальных ресурсных позиций и др.

Изучая управление инновационным процессом на промышленных предприятиях Украины, можно выделить следующие основные проблемы.

1 Несистемное инновационное развитие украинских предприятий, вследствие чего отсутствует постоянная система управления инновациями и соответствующими структурами предприятия.

2 В связи с неустойчивой экономической ситуацией и неотработанные действия политики в области инноваций приводят к высокому риску в инновационной деятельности.

3 Сопротивление инновационной деятельности сотрудников предприятия, которые возникают вследствие распределения четких функций и соответствующих их мотиваций, квалификации, ответственности за разработку, а также страх сотрудников от неопределенности, свойственной инновациям.

4 Предпочтение руководством предприятия разовых конструкций и реорганизаций вместо разработки системы их инновационного развития. Это следствие отсутствия необходимой квалификации руководителей и топ-менеджеров из-за недостаточно разработанной методики управления инновациями на предприятии.

5 Защита инновационных технологий перед внедрением руководством предприятия вследствие отсутствия данного метода учета альтернативных издержек или упущения выгоды.

6 Недостаточное внимание к развитию инноваций как к системному процессу, который затрагивает все стороны работы предприятия, узкое понимание инновации исключительно как нового продукта или технологии, а под инновационным развитием – научно-технического развития.

В настоящее время украинские предприятия уделяют недостаточно внимания проблемам внедрения и разработок собственной инновационной деятельностью, очень часто предприятия сталкиваются с проблемами при разработке и внедрении инноваций.

Анализ тенденций и основных проблем адаптации украинских предприятий к инновационной деятельности дает возможность разработать конкретные рекомендации, но подход должен быть индивидуальным для

каждого предприятия по управлению инновационной деятельностью, которая будет направлена на повышение эффективности и усиление конкурентоспособности предприятий.

Для повышения эффективности управление инновационным процессом целесообразно выделить такие этапы:

1) исследование развития рынка и поиска возможностей. Главная задача данного этапа – определение потребностей рынка и новых возможностей, которые появились на нем;

2) разработка концепции. Поиск новых технологических решений конструкторскими отделами, отделом маркетинга, позволяющим удовлетворить новые потребности рынка;

3) принятие решения о выборе проекта. Оценка внутренних и внешних рисков, которая проводится руководством предприятия;

4) разработка инновационного изделия. Осуществляется конструкторскими отделами. Задача на данном этапе – сделать изделие экономически выгодным для заказчика;

5) изготовление и доставка заказчику инновационного изделия.

На разных этапах инновационного процесса можно выделить два аспекта: креативный (разработка инноваций) и организационный (реализация инноваций).

К задачам креативного аспекта относятся этапы:

– анализ проблем развития предприятия, поиск новых потребностей и возможностей рынка;

– поиск инновационных решений и выявление их проблем;

– создание системы управления инновационными решениями;

– формирование инновационного решения.

Задачами этапов доработки, создания и доставки изделия являются организационным аспектом. К задачам данного этапа относятся:

– определение сотрудников, которые будут задействованы в разработке инновационного изделия;

– определение пассивных сотрудников и принятие мер по нейтрализации их сопротивления;

– обеспечение стабильной системы инновационной деятельности;

– разработка программы инновационной деятельности предприятия;

– осуществление контроля над реализацией инновационного проекта.

Принятие решения о выборе проекта для реализации является переходом от креативного этапа к организационному. Последовательность инновационного процесса должна строго соответствовать каждому этапу. Если последовательность будет нарушена, эффективность инновационного процесса на отдельном этапе снизится и приведет к замедлению инновационного развития на предприятии. Поэтому к управлению инновационным процессом на предприятии рекомендуется подходить системно и охватывать все этапы инновационного процесса.

Формирование инновационной стратегии на предприятии зависит от конкретной ситуации, в которой в данный момент находится предприятие. В маркетинговой стратегии предприятия должны быть конкретно поставлены цели, задачи и найдены инструменты их достижения (рисунок 2).

Процесс формирования инновационной стратегии должен включать следующие направления.

1 Развитие предприятия на рынке, анализ внешней среды предприятия, выявление угроз оценки инновационного потенциала предприятия, его конкурентоспособность и определение потребностей нового изделия на основе концепции стратегии маркетинга промышленного предприятия и определение потребностей нового изделия на основе концепции стратегического маркетинга промышленного предприятия.

2 Организация инновационной системы и широкой рекламной деятельности продвижения нового изделия на рынке.

3 Определение объемов производства нового изделия в связи со спросом изделия на рынке.

4 Определение цены на новое изделие в соответствии со спросом на инновационное изделие.

5 Создание структуры отдела маркетинга и других подразделений управления предприятия, что позволит совместно решать задачи дальнейшего планирования и организационной деятельности.

Необходимо постоянно иметь сведения о рынке, так как от этого зависит размер инвестиций в новые технологии, оборудование и разработки. При выводе изделия на рынок нужно точно знать, что покупателю нужен новый товар, а не новые выгоды. Многие неудачи вывода нового изделия на рынок зависят от того, что изделие возникает на базе новых знаний, а не потребностей потребителя. Поэтому новое изделие показывается на выставках, и его продажа должна сопровождаться рекламой.

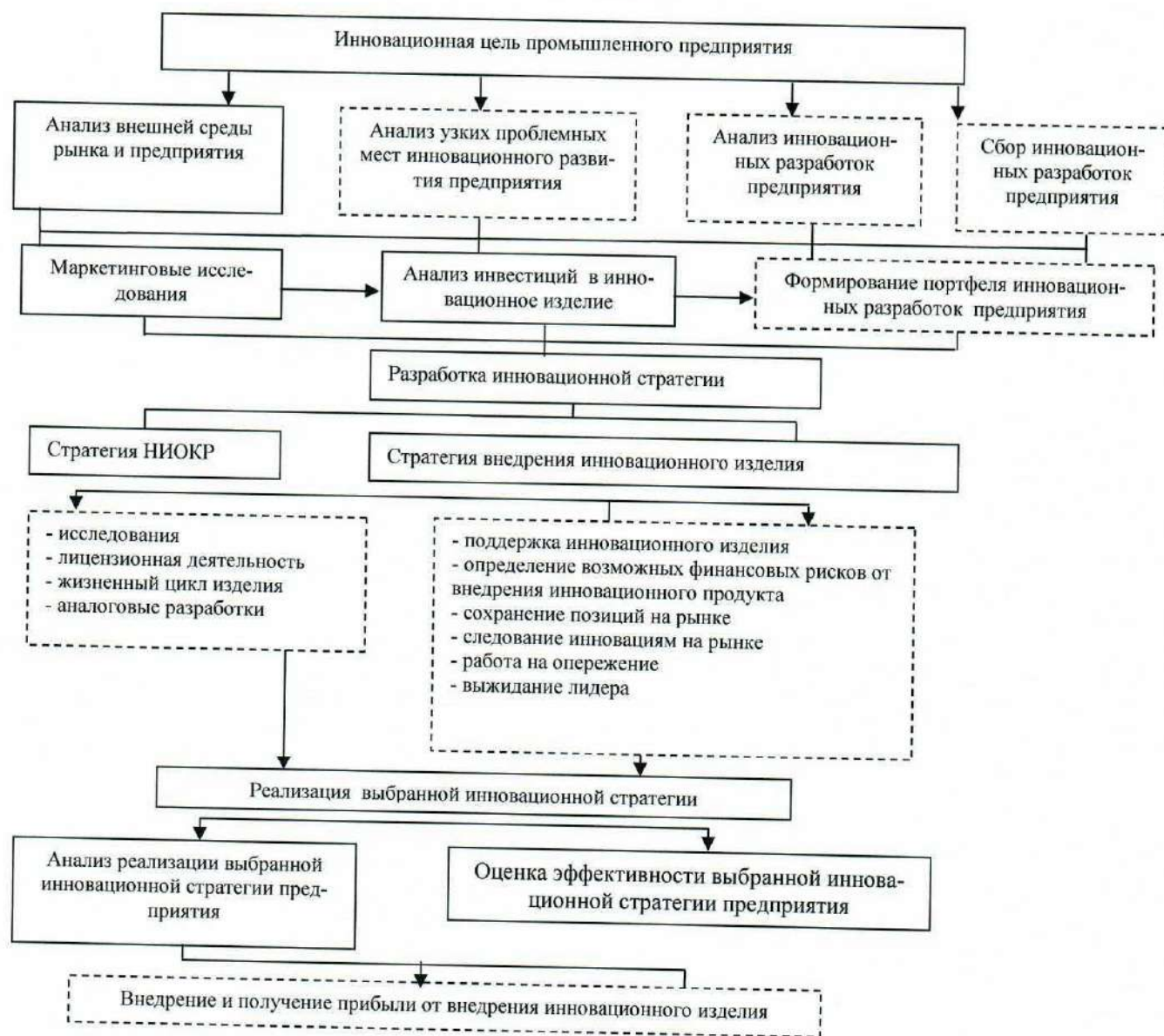


Рисунок 2 – Схема формирования и реализации инновационной стратегии на промышленном предприятии

Выбор инновационной стратегии зависит от многих факторов: внешних и внутренних факторов предприятия, технологического, производственного, инновационного потенциала, конъюнктуры рынка, конкурентной среды, вида изделия.

После выбора инновационной стратегии наступает этап реализации данной стратегии. Контроль над вы-

бранной стратегией обеспечивает устойчивую связь между процессами достижения цели и конкретной целью, которая стоит перед промышленным предприятием.

Преимуществом разработанной схемы формирования и реализации инновационной стратегии на промышленном предприятии является то, что она дает возможность про-

анализировать основные факторы и процессы внутренней и внешней среды предприятия и инновационный потенциал промышленного предприятия. Одним из главных этапов формирования инновационной стратегии является проведение инвестиционного анализа, что способствует повышению эффективности при реализации выбранной стратегии развития промышленного предприятия.

Разработка и формирование выбранной инновационной стратегии является главным условием конкурентоспособного развития промышленного предприятия. С помощью правильно выбранной инновационной стратегии промышленное предприятие может внедрить инновации и новые технологические разработки, провести технологическую и управленческую модернизацию промышленного предприятия.

Главным этапом реализации инновационной стратегии является оценка эффективности стратегии. Определение, какие поставленные цели перед предприятием были достигнуты, а какие нет. Подведя итоги, можно принять решения о корректировке как выбранной стратегии, так и целей промышленного предприятия.

Рассматривая отрасль вагоностроения в обеспечении подвижным составом транспортного комплекса страны, нужно отметить, что на долю железнодорожного транспорта приходится 80 % общего грузооборота и более 40 % пассажирооборота.

На сегодня рынок грузовых вагонов в Украине находится в кризисе. Одним из способов решения данной проблемы в вагоностроительной отрасли является переход на инновационную модель. Когда замедляется экономика, то инновации используются как инструмент для роста. Инновационный вагон – это вагон с улучшенными характеристиками, который превосходит аналоги серийного производства.

Вагоны нового поколения отличаются от выпускаемых ранее функциональными возможностями, надежностью и технико-экономическим показателями. Высота обших центров тяжести массы грузового вагона нового поколения – не более 2,5 м, порожнего – 1,9 м. Срок службы вагонов нового поколения рекомендуется принимать равным 32 годам. Также грузовые вагоны нового поколения должны иметь:

- пол из наборных металлических секций со специальным покрытием или, при необходимости, секций из других материалов;
- устройства внутри кузова, предотвращающие навал груза на двери;
- съемные передвижные перегородки для секционных штучных грузов;
- улучшенную теплоизоляцию кузова (при необходимости);
- несъемные устройства для установки специального оборудования при перевозке людей.

Пол универсальных платформ вагонов нового поколения должен быть из наборных металлических секций со специальным покрытием. Специализированные платформы для перевозки контейнеров могут быть без пола.

Вагоны-цистерны нового поколения рекомендуется проектировать с пониженной высотой центра тяжести.

Грузовые вагоны нового поколения должны быть оборудованы автосцепками полужесткого типа с возможностью установки устройств для автоматического сцепления тормозных магистралей, а также поглощаю-

щими аппаратами из типоразмерного ряда. Материалы для изготовления кузовов грузовых вагонов нового поколения должны выбираться по ОСТ 32.153 «Металлопрокат для кузовов грузовых вагонов нового поколения. Технические требования» [14; с. 2, 4–6].

Грузовые вагоны и вагоны нового поколения разделяются на четыре основных класса (таблица 3).

Таблица 3 – Классы грузовых вагонов [14]

Класс	Характеристика вагона	Осевая нагрузка, кН (тс)	Конструкционная скорость, м/с (км/ч)	Максимальная масса поезда, т
I	Универсальные*	294 (30)	27,8(100)	15000
II	Универсальные	245(25)	33,3(120)	12000
III	Универсальные	230(23,5)**	33,3(120)	10000
IV	Скоростные	196(20)	39(140)	5000

* Открытые вагоны (полувагоны и хопперы) с увеличенной осевой нагрузкой для перевозки сыпучих грузов, предназначенные для эксплуатации в поездах постоянного формирования на замкнутых маршрутах.
 ** Вагоны, предназначенные для бесперегрузочного сообщения между железными дорогами колес 1435 и 1520 мм (типа «Восток – Запад»), проектируются с осевой нагрузкой 220 кН (22,5 тс).

На сегодня, несмотря на переизбыток предложений грузовых вагонов, заказчики склонны делать свой выбор в пользу качественного подвижного состава. Совершенствование подвижного состава всегда было актуальным. А особенно это касается вагонов, которые перевозят массовые грузы, так как экономический эффект от перевезенных грузов очевиден. Инновационным считается то изделие, которое превосходит аналогичные показатели по новым технологиям уже существующего изделия и приносит свой вклад в техническую характеристику. Разработана сравнительная таблица предложений по критериям инновационности грузовых вагонов от 14.11.2014 г., в которую внесены критерии грузовых вагонов нового поколения к разряду «инновационная продукция».

Вагон должен иметь увеличенный срок межремонтных пробегов, повышенную осевую нагрузку вагонной тележки, большую скорость движения вагона в порожнем и груженом состоянии (на 2014 г.)

Владельцы подвижного грузового состава вынуждены искать новые методы для качественной работы, увеличения перевозок грузов и предоставления качественных услуг. Поэтому понятен переход на эксплуатацию подвижного состава с улучшенными характеристиками. Использование инновационных вагонов позволит улучшить эксплуатацию за счет снижения профицита. Но в данном случае без помощи государства не обойтись. И здесь нужна четкая государственная политика. Особенно остро стоит этот вопрос в условиях изношенного вагонного парка Украины.

Раньше Украина была мировым лидером по экспорту железнодорожных вагонов, но потеряв российский рынок, альтернативу найти не смогли. Сегодня в Украине грузовые вагоны выпускает три предприятия: Крюковский завод (КВСЗ), Азовмаш и Днепровагонмаш.

На сегодня на 3 % работает КВСЗ. Российский рынок грузовых вагонов стал закрываться еще в 2012 г., но украинские заводы не стали искать альтернативу. На рынке ЕС конкуренция высокая, и спрос намного меньше. Укрзалізниця, несмотря на изношенный парк грузовых вагонов, обновлять его не будет в связи с отсутствием денег. И это учитывая, что износ железнодорожного парка составляет приблизительно 90–95 %.

По данным Минэкономики за первый квартал 2016 г. произведено 320 ед. грузового вагонного парка, это в 1,3 раза больше, чем в первом квартале 2015 г. (на 80 ед.). Если сравнить выпуск грузовых вагонов в 2009–2010 г. то ежеквартально производили 8–10 тыс. грузовых вагонов.

В инновационных разработках грузовых вагонов принимают участие и вагоностроительные заводы Украины. Так, ОАО «Азовмаш», ГСКБВ освоил производство инновационного полувагона (модель 12-1905) грузоподъемностью 75,5 т, объем кузова – 90 м³. В конструкции вагона использована инновационная тележка 18-1711 с осевой нагрузкой 25 т. В 2012 г. проходил испытание, и в апреле 2014 г. начата подконтрольная эксплуатация пяти инновационных полувагонов в Украине, которые направлены на обслуживание перевозки руды. По результатам эксплуатации будут сделаны выводы о возможности серийного производства полувагона и грузовых тележек. Разработана еще одна инновационная модель 16-1807-04 – изотермический вагон-термос. Уникальность вагона в том, что общий коэффициент теплопередачи – 0,25 Вт/(м²К); грузоподъемность – 58,0 т, масса тары 35,5 ± 0,5; расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы – 230,5 (23,5) кН (тс) [12]. В серийное производство вагон был запущен в 2011 г. Инновационная модель 15-1868 вагона-цистерны, имеет грузоподъемность 70,5 т, массу тары 23,3^{+0,2}_{-0,8} т, расчетную статистическую нагрузку от колесной пары на рельсы 230,5 (23,5) кН (тс) [13].

Учитывая упадок вагоностроительной отрасли в Украине, поможет выйти из кризисной ситуации только эффективная маркетинговая работа, разработанная стратегия предприятия, создание инновационных изделий и выход с ними на внешний рынок.

Инновационный маркетинг может продвигать на рынок не только инновационное изделие, но и новые технологии, подразумевая под этим продажу лицензий на изобретение, промышленный образец, где заложен новый технологический процесс, а также оборудование для его изготовления.

Производители инновационных грузовых вагонов сталкиваются с множеством препятствий для вывода изделия на рынок. Во-первых, создание инновационного изделия требует больших дополнительных материальных затрат на разработку изделия и внедрения его на железной дороге. Во-вторых, себестоимость инновационного вагона больше, чем у типового. В таких случаях производитель обращает внимание собственника на преимущество снижения издержек на обслуживание и эксплуатацию в течение жизненного цикла.

В такой ситуации собственнику грузовых вагонов необходим стимул, чтобы приобрести инновационный вагон. Таким стимулом для собственника подвижного состава является льготный тариф на перевозку грузов и услуг инфраструктуры.

Чтобы оценить эффект от внедрения инновационных изделий и выводить их на рынок, необходимо разработать теоретическую базу. Результаты проведенной работы показывают, что одной из мер по внедрению инновационных изделий может стать тарифное регулирование, и от этого выигрывают все участники рынка: владелец подвижного состава, собственник инфраструктуры и производитель.

Вывод изделия на рынок влечет за собой инновационные риски, которые являются неотъемлемой частью инновационного процесса. При управлении инновационными рисками необходимо знать все виды возможных рисков, уметь их оценить, иметь методику оценки эффективности управления инновационными рисками.

В настоящее время не существует единой точки зрения на классификацию инновационных рисков. Более удачным определением, которое раскрывает сущность инновационного риска, является определение М. В. Грачевой, С. Ю. Ляпинова: «инновационный риск – экономическая категория, отражающая возможность возникновения неблагоприятной деятельности предприятия, что проявляется в недостижении (неполном достижении) целей и задач» [3, с. 49].

В таблице 4 представлена схема рисков, предложенная В. В. Глуховым, С. Б. Коробко и Т. В. Марининой [2].

Таблица 4 – Основные риски по стадиям создания и продвижения инновации

Стадия	Риск	Факторы риска
Проведение поисковых исследований	Получение отрицательного результата	Неверное направление исследований, ошибка в постановке задачи, ошибки в расчетах и т. п.
	Отсутствие результата в установленные сроки	Ошибки в оценке сроков завершения исследований. Ошибки в оценке необходимых ресурсов
Проведение НИОКР	Получение отрицательного результата	Неправильная интеграция результатов или выбор пути реализации фундаментальных исследований, на которых базируются НИОКР Невозможность реализовать результат фундаментальных исследований на данном уровне развития НИОКР Ошибки в расчетах, недоработки
	Отсутствие результата НИОКР в установленные сроки	Ошибки в оценке сроков завершения НИОКР. Ошибки в оценке необходимых ресурсов для завершения НИОКР
	Отказ в сертификации результата	Нарушение стандартов и требований сертификации. Нарушение условий секретности. Отсутствие лицензий
	Получение непатентоспособного результата	Наличие аналогов. Несоответствие требований патентования
	Несвоевременное патентование	Патентование на ранних сроках, приводящее к утечке информации. Патентование конкурентом аналогичной разработки

Стадия	Риск	Факторы риска
Внедрение результатов НИОКР в производство	Получение отрицательного результата	Неверная оценка получения результата исследований. Неправильный выбор пути реализации результатов исследований. Невозможность реализовать результат на технологическом уровне
	Отсутствие результатов внедрения в установленные сроки	Ошибки в оценке возможностей производства. Ошибки в оценке сроков внедрения. Ошибки в оценке необходимых ресурсов
	Экологические риски НИОКР	Ошибки в расчетах, приводящие к превышению фактических показателей по использованию (выработке) вредных веществ над расчетными. Недоработка технологии. Технология производства, предполагающая выработку экологически вредных веществ
Продвижение нового продукта, созданного на основе НИОКР, на рынок	Отторжение рынком	Несовместимость с технологическим укладом. Наличие аналогов. Несоответствие требованиям потребителя. Ошибки в разработке маркетинговой концепции (неправильное определение цены, неправильный выбор целевых групп потребителей, недооценка конкурентов, недочеты в дизайне, неправильная организация сбытовой сети, рекламной компании)
	Более низкие объемы сбыта по сравнению с запланированными	Быстрое старение инновации. Появление аналогов. Ошибки концепции маркетинга

Провести оценку инновационных рисков можно на основе данной классификации.

Управлять рисками, которые связаны с выводом инновационного изделия на рынок, очень сложно, если принимать во внимание высокий уровень неопределенности от инновационного изделия. Но, несмотря на это, анализ и систематизация инновационных рисков могут дать инструменты управления рисками.

К основным задачам управления инновационными рисками относятся:

- разработка методов по снижению рисков инновационного проекта;
- оценка влияния негативных факторов на результаты инновационных разработок и внедрений;

– создание системы управления рисками инновационного проекта.

На крупных промышленных предприятиях лучше создать отдел по управлению рисками, в обязанности которого будет входить выявление и оценка рисков, идентификация, формирование предложений по их оптимизации, сбор и анализ информации, поступающей от менеджеров предприятия.

Каждый инновационный проект и каждая конкретная ситуация требует индивидуального подхода к управлению рисками, необходимости оценить совокупность целого ряда факторов, сложность инновационного проекта, наличие свободных собственных средств, вероятность, размер и специфику риска, предсказуемость риска, этап реализации проекта и возможности специалистов, которые задействованы в инновационном проекте. Риски инновационного проекта тесно связаны между собой. Поэтому разработка методики оценки инновационных рисков и их управления имеет значение для успешного развития промышленного предприятия.

Выводы. Инновационная политика Украины не принесла ожидаемых результатов. Украина не смогла занять лидирующие позиции, снизился научно-технологический потенциал. Инновационную деятельность Украины можно определить как кризисную.

Проблемы инновационного развития промышленности в Украине – это: разрыв между научно-исследовательскими учреждениями, вузами и предприятиями, слабая поддержка коммерциализации, отсутствие благоприятной среды для исследований и коммерциализации.

Большая часть разработок ориентирована на науку, а не на коммерциализацию. Отсутствует стратегия, план, бюджет, а также серьезный анализ внешнего рынка. И самое главное – не хватает квалифицированных сотрудников, так как за последние годы Украина потеряла большое количество квалифицированных специалистов в связи с экономическим положением.

Разработанная стратегия инновационной деятельности на промышленном предприятии поможет принять правильное решение относительно разработки, создания, внедрения и реализации инновационного изделия. Повышение уровня инновационных разработок в Украине на промышленных предприятиях возможно только при государственной поддержке.

Список литературы

- 1 Ansoff, I. Strategic Management. – Macmillan, London, 1979. – 236 p.
- 2 Глазьев, С. Ю. Развитие российской экономики в условиях технологических сдвигов : науч. доклад / С. Ю. Глазьев. – М. : Нац. ин-т развития, 2007.
- 3 Глухов, В. В. Экономика знаний / В. В. Глухов, С. Б. Коробко, Т. В. Маринина. – СПб. : Питер, 2003.
- 4 Грачева, М. В. Управление рисками в инновационной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / М. В. Грачева, С. Ю. Ляпина. – М. : ЮНИТИ – ДАНА, 2010. – С. 351.
- 5 Гришина, И. Комплексная оценка инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности российских регионов: методика определения и анализ взаимосвязи / И. Гришина, А. Шахназаров, И. Ройзман // Инвестиции в России. – № 4. – 2001.

6 Государственная служба статистики Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ukrstat.gov.ua>. – Дата доступа : 04.11.2017.

7 **Минцберг, Г.** Школы стратегий : пер. с англ. / Г. Минцберг, Б. Альстренд, Д. Лэмпел ; под ред. Ю. Н. Каптуревского. – СПб. : Питер, 2001. – 336 с.

8 **Томпсон, А. А.** Стратегический менеджмент : учеб. для вузов : пер. с англ. / А. А. Томпсон, А. Дж. Скрикленд / под ред. Л. Г. Зайцева, М. И. Соколовой. – М. : Банки и биржи; ЮНИТИ, 1998. – 576 с.

9 **Трнев, Н. Н.** Макроэкономика. Современный взгляд / Н. Н. Трнев. – М. : ПРИОР, 2001. – 425 с.

10 Самые богатые страны мира [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: <http://investorschool.ru/samye-bogatye-strany-mira-2015>. – Дата доступа : 28.11.2017.

11 Сравнительная таблица предложения по критериям инновационности грузовых вагонов от 14.11.2014 г.

12 ТУ У 35.2-32258888-621:2011. Вагон-термос изотермический. Модель 16-1807-04.

13 ТУ У 30.2-32258888-646:2014. Вагон-цистерна. Модель 15-1868.

14 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) : утв. комитетом Российской Федерации по машиностроению от 01.02.1996 г. и М-вом путей сообщения Российской Федерации от 22.01.1996 г. : изм. и доп. – № 2. – Введ. 2002–03–01.

Получено 10.12.2017

N. V. Goryacheva. Development of innovation at industrial enterprises in Ukraine.

The article deals with the formation and development of innovative activity at industrial enterprises. After analyzing the dynamics of the volume of financing of innovative activity in Ukraine for 2002–2015 it has been concluded that the industrial enterprises finance the innovative activities mostly at their own expenses.

It has been developed and proposed a scheme of the formation and implementation of the innovative strategies at industrial enterprise.

We consider the car building industry, the specific enterprises of Ukraine that are engaged in innovative production process. The basic stages of the risks and promoting innovation are proposed.

It was concluded that the innovative development in Ukraine requires management at the governmental level, which includes the direction aimed at the search and analysis of the ways to a stable social-economic development of the industrial enterprises and the society in total.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

УДК 811.112.2

Н. А. ГРИШАНКОВА, кандидат филологических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ТЕРМИНОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ЧТЕНИЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ В ТРАНСПОРТНОМ ВУЗЕ

Изучены некоторые вопросы немецкой технической терминологии. Рассмотрены основные источники возникновения технических терминов. Сформированы разнообразные способы образования терминов с целью установления характера связей, существующих между терминами и общеупотребительными или заимствованными словами, что способствует правильному пониманию и запоминанию терминов.

Хотя современный этап лингвистических исследований характеризуется преобладанием интереса к изучению предложения, а также текста, где выражается, по словам Э. Бенвениста, сама жизнь языка в действии, исследователи тем не менее не снимают с повестки дня изучение слова как «строительного материала для предложения» [1, с. 8].

Специфика работы преподавателей иностранных языков в техническом высшем учебном заведении состоит в том, что на определенной ступени обучения студентов преподаватели имеют дело с технической литературой, содержащей значительное количество терминов. Анализ терминологии научно-технической литературы по железнодорожному транспорту показывает, что наряду с однозначными терминами встречаются многозначные, что следует учитывать при обучении переводу, особенно при переводе с русского языка на иностранный.

Изучение термина как особого типа слова имеет большое теоретическое и практическое значение. В теоретическом отношении его изучение обогащает наше представление о слове вообще, а в практическом оно необходимо при написании терминологических и общих словарей, в преподавательской работе и в области перевода.

В наши дни вопросы научно-практической терминологии приобретают всё большее значение в связи с ростом международных связей в области науки и культуры. Общение специалистов различных стран требует строго упорядоченной терминологии в каждой определенной стране во избежание недоразумений, которые могут возникнуть при передаче точного смысла термина на другой язык.

Разработка вопросов технической терминологии на научной основе была начата в 30-х годах XX века. Ценность работ, посвященных изучению профессиональной лексики, в том, что они написаны на основе собранного материала живого языка, которым пользуются железнодорожники, лётчики, водники, кораблестроители. Исследователю профессиональной лексики приходится на время в какой-то мере стать специалистом в изучаемой области. Ученый Л. В. Успенский пишет, например, что

для сбора материалов для своего исследования ему пришлось на четыре года поступить на работу в одно из авиационных учреждений. Может быть, в этом кроется одна из причин того, что лингвистических работ, посвященных изучению профессиональной лексики недостаточно.

Проблемы преподавания немецкого языка в высшем техническом учебном заведении можно условно разделить на вопросы, которые являются общими для студентов любой специальности, и специальные вопросы, относящиеся к переводу и применению терминологии в определенной области науки и техники, в которой специализируются обучаемые.

Общие вопросы преподавания немецкого языка в вузах разработаны достаточно подробно в отличие от специальных вопросов немецкой технической терминологии [4, 5, 8, 10, 11, 13, 14].

Технические термины в немецком языке представляют собой отдельные слова или сочетания слов, выражающие технические понятия. Определенность значения и устойчивость употребления является обязательными требованиями к термину. Совокупность терминов и терминологических сочетаний, употребляемых в соответствующей отрасли науки и техники, образует терминологическую систему, которая соответствует определённой системе понятий этой отрасли науки и техники.

Образование новых технических терминов свидетельствует о том, что язык непосредственно связан с производственной деятельностью людей и что словарный состав языка изменяется путем пополнения существующего словаря новыми словами. Это пополнение происходит постоянно. Технические термины, выражающие новые понятия, возникшие с развитием науки и транспорта, закрепляются в языке, как и другие новые слова, и обогащают его.

Среди терминов имеются слова, существующие в пределах одной терминологии, например, *Vakette* – сточная (с крыши) труба с украшением (строительное дело). Имеются, однако, и такие слова, которые входят в терминологию различных областей науки (или

техники), например, Assimilation – ассимиляция (общественные науки, языкознание, ботаника).

Когда слово является термином, то его значение ограничено и специализировано. Процесс специализации значения происходит в пределах той терминологии, в которую попадает данное слово. При этом уславливаются и различные сочетания этого слова с окружающими словами.

Анализ железнодорожной терминологии выявил, что сложные слова составляют свыше 90 % однословных терминов.

Одним из самых распространенных способов создания новых терминов в немецком языке является словосложением. Первый компонент, как правило, определяет и уточняет второй.

Способы образования новых терминов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Способы образования новых субстантивных терминов

Части речи	Пример	Перевод	Компоненты
Существительное + существительное	die Ablaufanlage	Сортировочная горка	der Ablauf – роспуск вагонов с сортировочной горки + die Anlage – сооружение
Основа глагола + существительное	der Fahrdienst	Служба движения	Fahren – ехать + der Dienst – служба
Глагол в личной форме + существительное	die Istgeschwindigkeit	Действительная скорость	ist от глагола sein (3 л. ед. ч.) die Geschwindigkeit – скорость

Словарный состав немецкого языка представляет собой один из основных источников, откуда черпается материал для создания технических немецких терминов. «Между словарем науки и словарем быта – прямая и тесная связь. Всякая наука начинается с результатов, добытых мышлением и речью народа, и в дальнейшем своем развитии отрывается от народного языка» [2, с. 3]. Даже в точных науках применяют в качестве терминов такие общеупотребительные слова, как вес, сила, работа, тепло, свет, звук и др.

Формирование и создание нового понятия или нового понимания предмета осуществляется на основе имеющегося языкового материала. Это понимание, как указывает академик В. В. Виноградов, воплощаясь в значении слова, становится элементом смысловой структуры данного языка в целом, а слово в его переносном или специальном значении входит в словарный состав или в словарный фонд языка [2, с. 13]. Общеупотребительные слова, с одной стороны, и термины – с другой, не изолированы друг от друга, а, напротив, находятся в атмосфере постоянного взаимовлияния. Не только общеупотребительные слова становятся терминами, но и термины нередко переходят в сферу общеупотребительных слов.

Наиболее распространенные источники образования терминов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Источники образования технических терминов

Причина образования	Пример	Семантика	
		В качестве общеупотребительной лексики	В качестве термина
Сходство обозначаемых предметов	Fuss	Нога	Подошва (рельса) (железнодорожный транспорт)
Сходство обозначаемых частей предметов по месту расположения в целом предлоге	Stirn	Лоб	Лобовая (торцевая) часть (машиноведение)
Сходство обозначаемых предметов по форме	Kreis	Круг	Электрическая цепь, контур (электротехника)
Вхождение термина в идиоматические выражения	Deck Nicht auf Deck sein	Чувствовать себя неважно	Несущая поверхность (авиационная)
	Wieder auf Deck sein	Выздороветь	
Заемствованная лексика	Elektrizität Automobil	Электричество Автомобиль	Электроэнергия автомобилизм
Замена международных терминов национальными	Telephon → Fernsprecher	Телефонная будка	Телефон
	Aerodrom → Flugplatz	Взлетная площадка	аэродром

Как и в других языках, технические термины в немецком языке независимо от источника их происхождения обладают определенным своеобразием. Основное отличие терминов от всех остальных слов немецкого языка заключается в том, что термины, как правило, однозначны и лишены эмоциональной выразительности, в то время как эмоциональность свойственна большинству слов словарного состава немецкого языка, конкретные значения которых вследствие этого уточняются в предложении чаще всего лишь в зависимости от контекста.

Таким образом, создание немецких технических терминов осуществляется за счет двух основных источников: во-первых, за счет общеупотребительных слов языка и во-вторых, за счет заимствований из других языков, т. е. за счет иностранных и международных слов.

Заемствованные термины – иностранные и международные слова – так же, как и термины, созданные из общеупотребительных слов оформляются в предложении соответственно правилам немецкой грамматики, а термины – производные и сложные слова – подчиняются законам словообразования немецкого языка.

Изучение разнообразных способов образования терминов помогает установить характер связей, существующих между терминами и общеупотребительными или заимствованными словами, что способствует правильному пониманию и запоминанию терминов.

Список литературы

- 1 Бенвенист, Э. Вопросы изучения словосочетаний / Э. Бенвенист // Вопросы языкознания. – 1994. – № 3. – С. 8.
- 2 Виноградов, В. В. Основные типы лексических значений слов / В. В. Виноградов // Вопросы языкознания. – 1983. – № 5. – С. 3, 13.
- 3 Дроздова, М. И. О словообразовательном анализе в условиях неязыкового вуза / М. И. Дроздова, Н. А. Гришанкова // От слова к тексту : материалы докл. Междунар. науч.

конф., Минск, 13–14 ноября, 2000. В 3 ч. Ч. 3 / отв. ред. Н. П. Баранова. – Минск : МГЛУ, 2000. – С.177–179.

4 **Жеребило, Т. В.** Словарь лингвистических терминов / Т. В. Жеребило. – 5-е изд., испр. и доп. – Назрань : Пилигрим, 2010. – 486 с.

5 **Зайченко, А. А.** Методика сопреподавания языка и перевода (программа «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации») : [монография] / А. А. Зайченко. – Пятигорск : ПГЛУ, 2006. – 271 с.

6 **Кучешева, И. Л.** Индивидуальные и групповые топонимы во фразеологизмах (на материале английского и немецкого языков) / И. Л. Кучешева // Иностранные языки в школе. – 2015. – № 7. – С. 42–45.

7 **Кучешева, И. Л.** К вопросу об индивидуальных и групповых антропонимах в составе фразеологизмов / И. Л. Кучешева // Иностранные языки в школе. – 2017. – № 2. – С. 39–42.

8 **Уфимцева, А. А.** Лексическая номинация (первичная нейтральная) / А. А. Уфимцева. – 2-е изд. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – С. 49.

9 **Чигашева, М. А.** Профессиональная направленность языковой подготовки по немецкому языку в вузе / М. А. Чигашева, А. М. Ионова // Иностранные языки в школе. – 2017. – № 10. – С. 64–68.

10 **Чигашева, М. А.** Словообразовательные возможности антропонимов в немецком и русском языках и семантическое наполнение новых лексических единиц / М. А. Чигашева // Иностранные языки в школе. – 2015. – № 12. – С. 42–47.

11 **Porzig, W.** Das Wunder, die Sprache, Probleme, Methoden und Ergebnisse der modernen Sprachwissenschaft / W. Porzig // Franke Verlag, Bern, 1967. – S. 35–36.

12 **Kaschenkova, J. S.** Kulturelle Besonderheiten des deutschen und russischen Kommunikationsstils / J. S. Kaschenkova // Die deutsche Sprache: eine Sprache der Freundschaft, des interkulturellen Verständnisses, der akademischen Zusammenarbeit, Beiträge der Internationalen Tagung (26–31 August, 2012). – Ulan-Ude : BGU-Verlag, 2012. – S. 30–32.

Получено: 28.06.2018

N. A. Grishankova. Organization of educational material as a means of intensification of teaching reading of railway literature.

Some issues of German technical terminology have been studied. The main sources of technical terms emerging have been considered. There have been formulated various ways of term formation with the aim to establish the nature of the links existing between terms and common/general lexis or borrowings which contributes to the correct understanding and memorizing of terms.

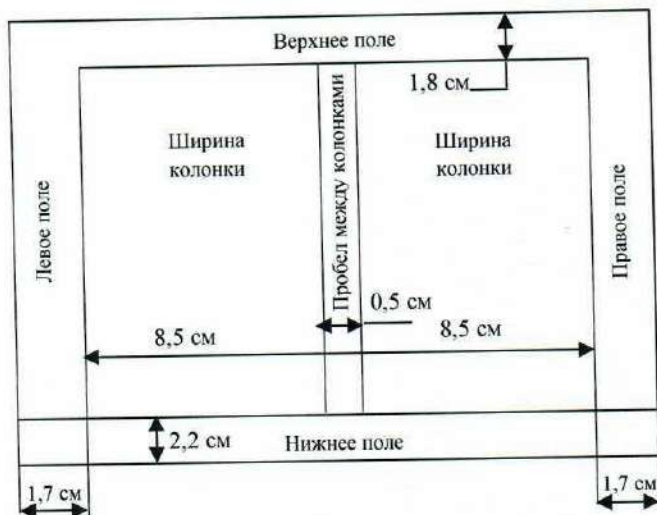
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статьи, направляемые в редакцию журнала «Вестник БелГУТа: Наука и транспорт», должны соответствовать следующим требованиям:

1 Материал статьи должен отражать профиль журнала и излагаться предельно ясно на белорусском или русском языке. На оборотной стороне последнего листа ставится подпись автора (авторов) и указывается название рубрики, к которой относится статья.

2 Статья должна быть представлена в одном экземпляре на бумажном носителе (для иногородних – по почте) и тщательно отредактирована. Одновременно текст статьи представляется на электронном носителе в редакторе «Word» в виде обычного текстового файла – по фамилии автора (авторов), шрифт – Times New Roman (адрес электронной почты: tatiana-101@list.ru).

3 Текст статьи должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.5–98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», ГОСТ 2.105–95 «Межгосударственный стандарт. Общие требования к текстовым документам» и напечатан на белой бумаге формата А4 на лазерном принтере. Объем статьи – 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания и др.), т. е. не более 3 полных страниц текста формата А4, напечатанного в две колонки шрифтом 10 pt по следующему образцу:



4 Текст статьи должен содержать:

– в левом верхнем углу первой страницы – индексе УДК (высота символов 10 pt).

– через интервал на формат 17,5 см – инициалы и фамилия автора (авторов) прописным светлым курсивом, а учёная степень, наименование и местонахождение организаций, в которых работают авторы, – строчным светлым курсивом 10 pt;

– ниже, через интервал на формат 17,5 см – название статьи, напечатанное прописными буквами, жирным шрифтом, без переносов (высота букв – 11 pt), которое должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова, позволяющие идентифицировать данную статью;

– через интервал на формат 17,5 см – аннотация, в которой дается краткая характеристика статьи (высота букв – 9 pt, объём – до 10 строк, или 100–150 слов);

– через интервал в две колонки форматом 8,5 см каждая, с интервалом между ними 0,5 см – текст статьи (высота букв – 10 pt), межстрочный интервал – одинарный, абзац – 5 мм, или 3 печатных знака.

– через интервал в две колонки форматом 8,5 см каждая – список литературы (высота букв – 9 pt);

– через интервал – дата поступления рукописи в редколлегию (высота букв – 8 pt); например: Получено 05.06.2009;

– через интервал на формат 17,5 см – фамилия, инициалы автора (авторов) – прямым жирным строчным шрифтом 10 pt, название статьи – светлым строчным прямым шрифтом 10 pt; аннотация статьи на английском языке шрифтом 9 pt.

5 Научная статья должна включать:

– введение, где должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме. Указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы, т. е. постановка задачи;

– основную часть, содержащую описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробное освещение содержания исследований, которые могут быть иллюстрированы графиками или подтверждены расчетами в табличной форме. Полученные результаты должны быть проанализированы с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть также может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками). Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с последовательностью их размещения в тексте;

– заключение, в котором в сжатом виде формулируются основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

6 Графический материал в статье (рисунки, схемы, диаграммы) должен содержать не более 5 рисунков и быть оформлен в соответствии с требованиями Р 50-77–88 «Рекомендации ЕСКД. Правила выполнения диаграмм». Каждый рисунок должен иметь название (размер шрифта – 9 pt светлым строчным), которое размещается под ним (например: Рисунок 1 – Схема управления электродвигателя). Надписи на самих рисунках набирают шрифтом 9 pt. Размещают рисунок после ссылки на него в тексте. Сканированные рисунки редколлегией не принимаются.

7 Таблицы (не более 3) располагаются непосредственно после текста, где они впервые упоминаются. Каждая таблица должна иметь номер и название, которое размещается над ней (например: Таблица 1 – Результаты измерений). Размер шрифта названия и основного текста таблицы – 9 pt, головки (шапки) – 8 pt.

8 Размерности всех величин, используемых в тексте, должны соответствовать Международной системе единиц (СИ).

9 Формулы набирают тем же размером шрифта и той же гарнитурой, что и основной текст (буквы русского и греческого алфавитов, числа, знаки математических функций – прямым шрифтом, латинские буквы – курсивом).

10 К рукописи прилагаются:

– сведения об авторе [Ф. И. О. полностью, ученая степень и звание, место работы и должность, домашний адрес, контактный телефон (служебный, мобильный, e-mail)];

– рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения, в котором выполнена работа, о целесообразности публикации статьи;

– экспертное заключение о возможности публикации статьи.

11 Рукописи, которые не соответствуют указанным требованиям, к рассмотрению не принимаются.

12 Редколлегия по предварительной научно-технической экспертизе может направлять статью на рецензию специалисту и с учетом этой рецензии даёт аргументированное заключение о возможности публикации статьи.

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

Подписано в печать 16.08.2018 г. Формат 60x84¹/₈. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 17,21. Уч.-изд. л. 17,56. Тираж 100 экз. Изд. № 69. Зак. № 2874.

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