



ВЕСТНИК

Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

**НАУКА
и ТРАНСПОРТ**

2/2019

ВЕСТНИК
Белорусского
Государственного
Университета
Транспорта

Научно-практический журнал

НАУКА
и ТРАНСПОРТ

№ 2(39)/2019

«ВЕСТНИК БелГУТа: НАУКА И ТРАНСПОРТ»

Научно-практический журнал № 2 (39) 2019 года

Издается с апреля 2000 года

Выходит один раз в полугодие

Учредители:

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. 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

Редактор *А. А. Павлюченкова*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректор *Т. А. Пугач*
Компьютерная верстка – *С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 30.12.2019. Формат 60x84¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 11,27. Тираж 100 экз. Изд. № 92. Зак. № 4856.

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

© Оформление. БелГУТ, 2019

СО Д Е Р Ж А Н И Е

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

- Галушко В. Н., Адаменко Д. Н., Громыко И. Л. Повышение энергетической эффективности системы электроснабжения ветяговых железнодорожных потребителей с помощью аналитического и имитационного моделирования 4

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

- Скирковский С. В., Аземша С. А. Методика расчета средней дальности поездки пассажира на маршрутной сети общественного транспорта регулярного сообщения на основании выборочных исследований пассажиропотока 10
- Саямова К. Д., Худайкулов Р. М., Каюмов Д. А. Напряженное состояние дорожной одежды и экспериментальные исследования армирующей сети 14
- Аземша С. А., Грищенко Т. В., Ясинская О. О. Оценка существенности изменения количества столкновений на автомобильных дорогах Гомельской области 19
- Галёна И. И. Метод маркетингового анализа автомобилей малой грузоподъемности по энергетическим критериям 22

ЛОГИСТИКА

- Михальченко А. А., Савченко А. В. Исследование влияния элементов информационной логистики на эффективность интегральных схем перевозок грузов 24
- Лужанская Н. А., Кошок А. Я., Лебедь И. Г., Кравченя И. Н., Демченко Е. Б. Классификация параметров, влияющих на эффективность таможенно-логистической инфраструктуры 30

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

- Поддубный А. А., Ермолович О. А., Ефимчик К. В., Громыко Ж. Н. Функциональные композиционные материалы на основе полиолефинов и жидких отходов нефти 33
- Васильев А. А. Прогнозирование коррозионной поврежденности железобетонных элементов для различных условий эксплуатации 37

ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Ковтун П. В., Дубровская Т. А., Губенский Н. Ю. Анализ изменения длин переходных кривых при введении подвижного состава с наклоном кузова на существующих железных дорогах 40
- Марченко Д. М. Снижение динамической нагрузки тележки 18-100 при прохождении рельсовых стыков 43

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

- Бурченков В. В. Совершенствование методов и технологии мониторинга технического состояния подвижного состава 46
- Галай Э. И., Галай Е. Э. Особенности силового привода электропневматического тормоза при торможении без разрядки тормозной магистрали 51
- Захаревич А. А., Кузнецов В. Г., Ерофеев А. А. Тенденция обеспечения пассажирских перевозок парком вагонов для локомотивной тяги 54

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

- Кулаженко Ю. И., Зайчик В. С., Кебиков А. А. Установление климатических требований к железнодорожной продукции .. 58
- Ерофеев А. А., Рибиченок А. Ю. Моделирование пассажиропотоков в транспортно-пересадочных узлах 61
- Кузнецов В. Г., Федоров Е. А., Лавицкий В. В., Завадцов Е. А. Оценка структуры поездопотока при организации движения грузовых поездов по постоянному расписанию на участках железнодорожной инфраструктуры 65
- Чижонок В. Д. Перспективы использования специализированных контейнеров 70
- Бласюк Т. А. Особенности организации безбарьерной среды для пассажиров на железнодорожных вокзалах Западной Европы 73
- Аксёничков А. А., Козлов В. Г. Применение инновационных технологий при анализе и планировании эксплуатационной работы на отделении Белорусской железной дороги 77

ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

- Примак Ю. Д. Теоретические и методические аспекты совершенствования системы государственного регулирования экономики Республики Беларусь в условиях цифровой трансформации 81
- Михальченко А. А., Ходоскина О. А. Исследование производительности труда в транспортной деятельности 85

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

- Гришанкова Н. А. Иерархия видов чтения железнодорожных текстов при обучении говорению (из опыта работы с магистрантами неязыковых специальностей) 91

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ

УДК 621.311

В. Н. ГАЛУШКО, кандидат технических наук, Д. Н. АДАМЕНКО, И. Л. ГРОМЫКО, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕТЯГОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКОГО И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Разработана программа имитационного моделирования (ИМ) продольного электроснабжения и линий автоматической блокировки железнодорожных участков, которая позволяет найти вариант организации электроснабжения с наименьшей величиной технологического расхода электрической энергии на ее транспортировку (ТРЭТ) с помощью метода статистических испытаний на основании рационального подбора оборудования.

Главной задачей железнодорожного транспорта является обеспечение стабильного перевозочного процесса. Как известно, повышение энергоэффективности системы электроснабжения железных дорог может достигаться на основе измерений информативных параметров и реализации согласованных управляющих воздействий на исполнительные устройства регуляторов, позволяющие обеспечить заданные показатели надежности, качества электроэнергии и уровня потерь в реальном режиме времени. Комплекс вопросов, связанных с регулированием параметров режима в системе электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог для повышения экономичности, надежности передачи и распределения электроэнергии, представляется весьма *актуальным*.

Управление режимами систем электроснабжения (СЭ) нетяговых железнодорожных потребителей преследует достижение следующих целей:

- бесперебойное электроснабжение систем сигнализации, централизации и автоблокировки при соблюдении отраслевых и общеэнергетических норм по качеству электрической энергии (ЭЭ);
- нормативное качество электрической энергии в сетях районов электроснабжения (РЭС) нетяговых потребителей;
- минимально возможный уровень потерь электрической энергии;
- допустимый уровень экологической безопасности в условиях влияния электромагнитных полей, создаваемых тяговыми сетями и технологическими линиями электропередачи.

Достижение указанных целей возможно за счет применения современных информационных и компьютерных технологий, что, в свою очередь, требует создания эффективных математических моделей и методов. Решение дополнительно усложняется из-за того, что СЭ активно взаимодействует с целым рядом не менее сложных систем, таких как питающая электроэнергетическая система и районы электроснабжения нетяговых потребителей, включающих в свой состав нетрадиционные линии электропередачи «два провода – рельс», для описания которых требуются специальные методы моделирования. Поэтому цель работы состоит в создании математических моделей и методов для управления режимами систем нетягового электроснабжения с учетом перечисленных выше факторов.

Методы исследования рассмотренных в исследовании задач базируются на анализе математических моделей сложных электрических систем с применением аппарата теории линейной алгебры, теории функций многих переменных, многомерного статистического анализа, методов векторной оптимизации сложных систем, теоретических математических моделях аналитического и эмпирического типа.

Научно обоснованное решение получают следующие актуальные практические задачи:

- управление режимами СЭ с учетом графиков потребления и характера потребителей;
- выбор наиболее эффективной СЭ;
- минимизация потерь электроэнергии в СЭ;
- повышение надежности работы СЭ.

Реализация вышеперечисленных задач позволит выбрать вариант наиболее эффективной СЭ. Решение состоит из последовательности нескольких технологических этапов.

1 Определение расположения источников питания (ИП) в системе электроснабжения с минимальным технологическим расходом электроэнергии на ее транспортировку (ТРЭТ).

2 Расчет параметров надежности.

3 Учет экономических потерь от недоотпуска ЭЭ.

4 Получение результирующего значения в зависимости от весовых коэффициентов важности.

Опишем основные положения, характеризующие каждый из этапов.

Первый этап. Традиционно основой для решения подобного класса задач служили детерминированные алгоритмы, основными из которых являются метод сканирования (слепой поиск), метод поочередного изменения параметров (метод Гаусса – Зейделя), метод градиента, метод наискорейшего спуска и некоторые другие. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, и применение конкретного метода зависит от особенностей задачи, но общей их характеристикой является то, что последовательность действий алгоритма строго предопределяется сложившейся ситуацией.

Поэтому необходим альтернативный подход – использование эвристических методов и намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. В этом случае случайность будет служить целям сбора информации о поведении объекта исследования и целям

управления. Введение такого случайного поведения дает возможность построить алгоритмы случайного поиска, которые в условиях априорной неопределенности, многопараметричности и большой размерности задачи зачастую превосходят известные регулярные алгоритмы поиска и оптимизации.

Будем полагать, что задачей алгоритма оптимизации является минимизация функции качества. Основное достоинство метода Монте-Карло – простота, также его алгоритм применяется при теоретическом и численном сравнении алгоритмов, а также в качестве составной части некоторых алгоритмов глобального случайного поиска.

Целью является оптимальное размещение единичного источника питания на некоторой территории. В содержательном плане данная постановка задачи также опосредовано учитывает ограничения генерального плана на выбор местоположения ИП: указывается избыточное число мест возможного размещения ИП (эти точки ищутся на генплане объекта проектирования с учетом площади, отводимой под установку ИП), число таких мест может быть достаточно большим. Эта задача состоит из следующего ряда подзадач:

- выбор типоразмеров источников питания из предложенного типового ряда;
- выбор местоположения отдельных источников питания;
- рациональное закрепление потребителей электрической мощности за источниками питания.

В наиболее общем случае алгоритмы случайного поиска определяют совокупность точек вокруг наиболее оптимальной точки i -й итерации, если в одной из рассматриваемых точек целевая функция меньше, чем в текущей, то эта точка становится основной для поиска на $(i+1)$ -й итерации. Исходными данными для расчета являются: карта-схема расположения потребителей; координаты точек расположения потребителей; сведения об источнике питания.

По критерию минимальной суммарной длины трасс линий электропередачи (ЛЭП) с учетом ограничения места на установку источника питания целевая функция будет иметь вид

$$L = \sum_{i=1}^n l_k,$$

где L – сумма длины дуг сети; l_k – длина дуги k , выходящей из точки i и приходящей в точку j ; n – число дуг.

Таблица 1 – Потери электроэнергии

Номер участка	ЛЭП	R , Ом	S_p^{BH} , кВт	I_p , А	K_κ	I_{cp} , А	K_ϕ	ΔW , тыс. кВт·ч	ΔW , %
<i>Исходный вариант</i>									
1	ИП-ТП1	0,24	7086,3	390,1	1,95	199,9	1,19	351,39	–
2	ИП-ТП2	0,87	2037,0	112,1	1,82	61,68	1,13	110,1	–
3	ИП-ТП3	0,14	8715,45	479,8	1,95	245,9	1,19	324,68	–
<i>Итого</i>		–	–	–	–	–	–	786,17	2,83
<i>После оптимизации</i>									
1	ИП-ТП1	0,36	4701,9	258,8	1,78	145,6	1,12	253,4	–
2	ИП-ТП2	0,56	2037	112,1	1,9	58,87	1,19	71,85	–
3	ИП-ТП3	0,46	2820,5	155,3	1,62	95,97	1,13	142,9	–
<i>Итого</i>		–	–	–	–	–	–	468,15	1,68

Необходимо с помощью метода Монте-Карло найти такое положение ИП, при котором суммарная длина трасс линий электропередач от источника питания до потребителей имела бы минимальную длину.

Расстояния могут быть определены прямыми измерениями или на основании координат подстанций по формуле

$$L = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2},$$

где x_i, x_j, y_i, y_j – соответственно координаты источника питания и потребителя.

Проводим N -е количество итераций и вычисляем случайным образом координаты источника питания. Затем вводим ограничения с определенными координатами $(x_1, x_2$ и $y_1, y_2)$. Если координаты источника питания попадают в область ограничения, то их значения приравняем к нулю.

Результаты сравнения исходного варианта сети и варианта после оптимизации представлены в таблице 1 (R – сопротивление ЛЭП; S_p^{BH} – полная расчетная мощность; I_p – коэффициент максимума; I_{cp} – среднеквадратичный ток; K_ϕ – коэффициент формы; ΔW – потери электрической энергии).

Алгоритм ИМ электроснабжения электросетей продольного электроснабжения (ПЭ) и линий автоматической блокировки (АБ) железнодорожных участков (ИМ ПЭ) основан на поиске варианта организации электроснабжения с наименьшей величиной технологического расхода электрической энергии на ее транспортировку с помощью метода статистических испытаний на основании рационального подбора электрооборудования. Результаты моделирования ИМ ПЭ являются исходными данными, в частности для правильного выбора головных трансформаторов линий ПЭ и АБ. ИМ ПЭ реализовано на объектно-ориентированном языке программирования Delphi. Алгоритм ИМ ПЭ предписывает выполнить следующие действия.

1 Внесение исходных данных:

- координаты точек расположения потребителей ($z_f, f = 1, m$);
- сведения о всех потребителях: название или обозначение; $P_{потр}$ – активная мощность; $Q_{потр}$ – реактивная мощность; эквивалентное количество рабочих смен в сутки потребителя для выбора дисперсионного коэффициента, учитывающего увеличение потерь в зависимости от неравномерности графика нагрузки; марку кабельной или воздушной линии.

Для точной детализации графика нагрузки потребителя предусмотрен случайный характер включения потребителя с определенной мощностью на указанный в диалоговом окне промежуток времени в течение заданного промежутка времени. Ограничение несимметрии токов и напряжений выполняется с помощью транспозиции: автоматически по заданному шагу транспозиции или вручную согласно имеющимся данным, указаниям определенной фазы для потребителя. Указывается тип подключения трансформатора: одно- или трехфазное.

Визуализируется расстановка потребителей на линии ПЭ или АБ с помощью координатной оси.

На рисунке 1 представлена реализация участка ПЭ Лиозно – Заольша Витебской дистанции электроснабжения (договор № 18/10556 от 01.06.2016 г.)

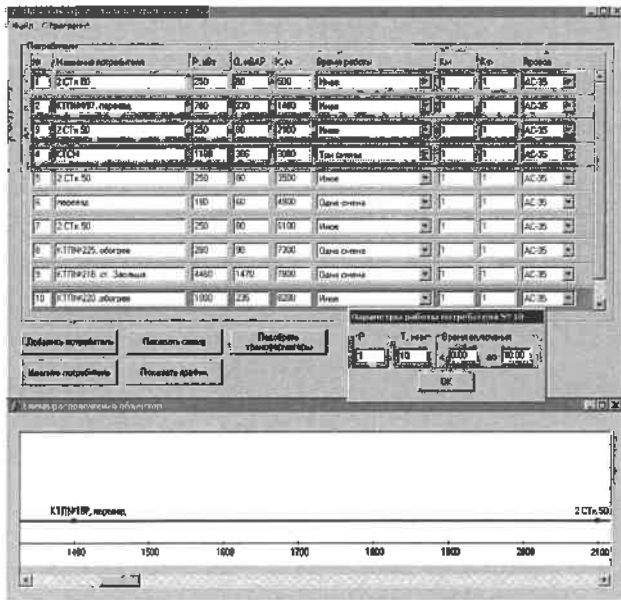


Рисунок 1 – Пример внесения исходных данных в программе ИМ ПЭ

2 Расчет полной мощности потребителя, на основании которой осуществляется выбор номинальной мощности трансформаторов согласно следующему условию:

$$S_{гр} \geq S_p, \quad S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

Таблицы стандартных полных мощностей трансформаторов соответствуют номенклатуре выпускаемых и имеющихся в технологическом запасе отделений дистанций электроснабжения. При необходимости можно изменить значение номинальной мощности в таблице текущих результатов расчетов или пополнить/изменить содержание таблиц стандартных полных мощностей трансформаторов. Рассчитываются коэффициенты загрузки трансформаторов.

3 Расчет потерь электроэнергии (ЭЭ) в трансформаторах и линиях на основании [1].

3.1 Расчет потребления активной и реактивной ЭЭ за определенное время (по умолчанию принимается один год) для каждого потребителя с учетом количества рабочих смен в сутки потребителя ($A_{вр}$ и $A_{вр}$).

3.2 Определение нагрузок ($P_p^{вн}$, $Q_p^{вн}$, $S_p^{вн}$) на высокой стороне за счет добавления потерь в трансформаторах ТП:

– постоянные технические потери активной и реактивной электроэнергии:

$$\Delta \bar{A}_a = T \Delta P_{xx}, \quad \Delta \bar{A}_p = T \Delta Q_{xx}, \quad (1)$$

где T – расчетный период, ч; ΔP_{xx} – среднее значение активных потерь холостого хода трансформатора за расчетный период, кВт; ΔQ_{xx} – среднее значение реактивных потерь холостого хода трансформатора за расчетный период, квар;

– переменные технические потери активной и реактивной ЭЭ в силовом трансформаторе:

$$\Delta \tilde{A}_a = \frac{A_a^2 + A_p^2}{TU_{нт}^2} R_r d \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta \tilde{A}_p = \frac{A_a^2 + A_p^2}{TU_{нт}^2} X_r d \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где A_a – потребление активной электроэнергии в расчетном периоде; A_p – годовое потребление реактивной электроэнергии в расчетном периоде; $U_{нт}$ – номинальное напряжение трансформатора; R_r , X_r – активное и индуктивное сопротивление трансформатора; d – дисперсионный коэффициент, учитывающий увеличение потерь в зависимости от неравномерности графика нагрузки.

Годовое потребление активной и реактивной ЭЭ принимается по данным технического учета. Если информацию о потреблении реактивной энергии A_p по показаниям средств технического учета получить невозможно, то она рассчитывается по формуле

$$A_p = A_a \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент мощности.

3.3 Определение длины участков линий:

– постоянные технические потери активной и реактивной ЭЭ в линии электропередачи:

а) для кабельной линии (КЛ) 6–10 кВ

$$\Delta \bar{A}_a = q_0^3 L_n \operatorname{tg} \delta T, \quad \Delta \bar{A}_p = q_0^3 L_n T, \quad (4)$$

где q_0^3 – среднее значение удельной зарядной мощности линии; L_n – длина линии; $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь;

б) для кабельной линии до 1 кВ и воздушной линии (ВЛ) номинальным напряжением ниже 110 кВ

$$\Delta \bar{A}_a = 0, \quad \Delta \bar{A}_p = 0; \quad (5)$$

– переменные технические потери активной и реактивной ЭЭ в линии электропередачи:

$$\Delta \tilde{A}_a = \frac{A_a^2 + A_p^2}{TU_{вл}^2} r_0 L_n dk_{нс} \cdot 10^{-3}; \quad (6)$$

а) для высоковольтных ВЛ и КЛ

$$\Delta \tilde{A}_a = \frac{A_a^2 + A_p^2}{TU_{вл}^2} x_0 L_n dk_{нс} \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где $k_{нс}$ – коэффициент, учитывающий увеличение технических потерь ЭЭ из-за несимметрии нагрузки фаз при подключении однофазных электроприемников,

$$k_{\text{св}} = 1 + \left(\frac{I_{(2)}}{I_{(1)}} \right)^2, \quad (8)$$

$I_{(1)}$ и $I_{(2)}$ – модуль тока прямой и обратной последовательности.

$$\hat{I}_{(1)} = 1/3(\hat{I}_{(A)} + \hat{I}_{(B)}e^{j2/3\pi} + \hat{I}_{(C)}e^{-j2/3\pi}), \quad (9)$$

$$\hat{I}_{(2)} = 1/3(\hat{I}_{(A)} + \hat{I}_{(B)}e^{j2/3\pi} + \hat{I}_{(C)}e^{j2/3\pi}), \quad (10)$$

$\hat{I}_{(A)}$, $\hat{I}_{(B)}$, $\hat{I}_{(C)}$ – вектор тока в фазах A , B и C соответственно;
б) для низковольтных (до 1 кВ) ВЛ и КЛ

$$\Delta \tilde{A}_a = 0.$$

В расчете коэффициента несимметрии учитывается потребление активной и реактивной электроэнергии потребителем с учетом постоянных и переменных технических потерь в трансформаторе, а также постоянные технические потери в линии на смежном участке, следующим за рассматриваемым в направлении от точки подключения сети. Переменные технические потери в линии электропередачи в расчете коэффициента несимметрии не учитываются из-за сложности расчета и незначительного увеличения точности результата.

3.4 Суммарный ТРЭТ в элементе (линии электропередачи, трансформаторе) электрической сети ΔA_a , кВт·ч,

$$\Delta A_a = \Delta \bar{A}_a + \Delta \tilde{A}_a. \quad (11)$$

Суммарный ТРЭТ определяется как сумма активных потерь ЭЭ во всех элементах электрической сети.

4 Расчет полной мощности линий продольного электроснабжения и автоматической блокировки железнодорожных участков, на основании которой осуществляется выбор номинальной мощности головного трансформатора согласно следующему условию:

$$S_{\text{ит}} \geq S_p, \quad S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}.$$

При необходимости можно изменить значение выбранной номинальной мощности головного трансформатора в таблице результатов расчетов.

Определяются потери в головном трансформаторе, питающем линии ПЭ и АБ:

– постоянные технические потери активной и реактивной электроэнергии

$$\Delta \bar{A}_a = T \Delta P_{\text{св}}, \quad \Delta \bar{A}_p = T \Delta Q_{\text{св}}, \quad (12)$$

где T – расчетный период (по умолчанию принимается один год); $\Delta P_{\text{св}}$ – среднее значение активных потерь холостого хода трансформатора за расчетный период, кВт; $\Delta Q_{\text{св}}$ – среднее значение реактивных потерь холостого хода трансформатора за расчетный период, квар;

– переменные технические потери активной и реактивной ЭЭ в силовом трансформаторе

$$\Delta \tilde{A}_a = \frac{A_a^2 + A_p^2}{TU_{\text{ит}}^2} R_r d \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta \tilde{A}_p = \frac{A_a^2 + A_p^2}{TU_{\text{ит}}^2} X_r d \cdot 10^{-3}. \quad (13)$$

5 Распределение ТРЭТ между абонентами дистанции электроснабжения:

– в электрической сети дистанции электроснабжения выделяется транзитная электрическая сеть, состоящая из последовательных элементов от точки подключения абонента до точки границы балансовой принадлежности между дистанцией и энергосистемой;

– для каждого элемента определяется доля относимых ТРЭТ как отношение потреблений активной ЭЭ в начале рассматриваемого участка линии электропередачи и в конце смежного предыдущего (в направлении от точки подключения электросети) участка.

– последовательно для каждого участка электросети определяется процент ТРЭТ нарастающим итогом от точки подключения электросети δA_{af} , %

$$\delta A_{af} = \frac{\Delta A_{a(f-1)} - \Delta A_{af}}{\Delta A_{af}} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где $\Delta A_{a(f-1)}$ – ТРЭТ нарастающим итогом от точки подключения электросети в смежном предыдущем участке; ΔA_{af} – ТРЭТ в рассматриваемом участке электросети; A_{af} – потребление активной ЭЭ в конце рассматриваемого участка.

6 Указание числа реализаций N (разыгрываемых вариантов работы потребителей линии ПЭ и АБ, определяемое заранее на основании заданной точности имитации откликов модели).

Запуск имитационного эксперимента для уточненного расчета параметров с вероятностным характером потребления и выполнения процедур пунктов 3 и 4.

7 Получение из откликов ИМ ПЭ полной мощности нагрузки, значений коэффициентов формы и максимума графика нагрузки; допустимого коэффициента систематической перегрузки $k_{2\text{доп}}$ [2].

Выполнение проверочного расчета номинальной мощности головного трансформатора, согласно условию

$$S_{\text{ном}} k_{2\text{доп}} \geq S_{\text{мах}}, \quad (15)$$

где $S_{\text{мах}}$ – максимальная полная мощность графика для всей линии ПЭ или АБ.

Если условия проверки не выполняются, следует увеличить $S_{\text{ном}}$.

8 Уточненный расчет пределов изменения контролируемых для графика с максимальной полной мощностью параметров (вторичного напряжения головного трансформатора и напряжения на потребителях).

В дальнейшем программа ИМ ПЭ может быть использована как отдельно для предприятий железнодорожной отрасли с целью расчетов ТРЭТ.

Второй этап. В качестве примера расчета надежности СЭ использовался фидер Гомельской дистанции электроснабжения Транспортного республиканского унитарного предприятия «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» (рисунк 2).

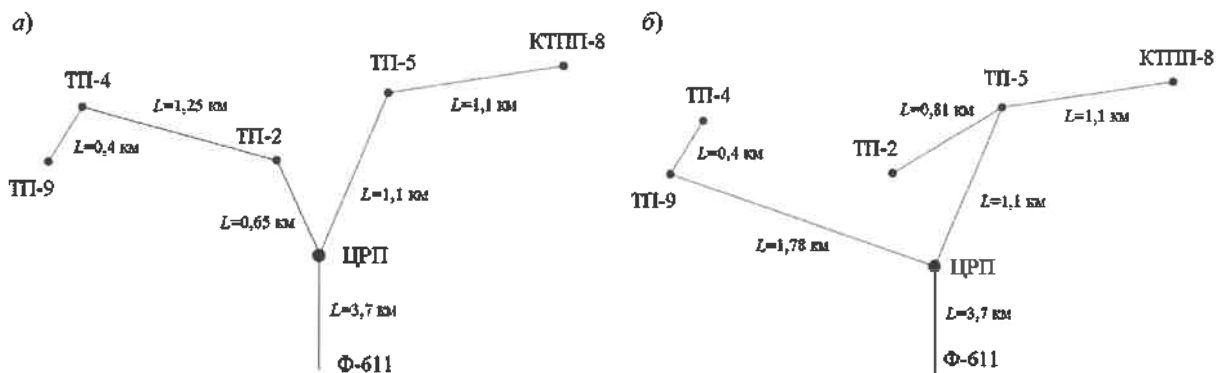


Рисунок 2 – Схемы расчета надежности:
а – исходная; б – предлагаемая

Для схем электроснабжения нетяговых потребителей характерно последовательное соединение элементов. Таким образом, суммарная интенсивность отказов каждой из ветвей схемы от трансформатора ТП до начала фидера будет равна сумме интенсивностей отказов всех элементов этой ветви:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

Вероятное время восстановления элемента

$$T_{\text{вв}} = Q(t)T_{\text{в}}.$$

В таблице 2 представлен пример расчета параметров надежности для участка системы электроснабжения Ф611 – ЦРП. Показатели надежности элементов выбираются из библиотеки накопленных данных программы по расчету надежности с указанием источников информации или на основании приборных экспериментов, подтвержденных статистической обработкой данных. Результаты расчетов показателей надежности с учетом приведенных затрат представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Расчет элементов Ф611 – ЦРП

Элемент	λ	Q	$T_{\text{в}}$, ч	$T_{\text{вв}}$, ч
Выключатель масляный	0,015	0,015	9	0,134
Трансформатор тока	0,0000033	0,000	3	0,000
ОПН	–	–	–	–
Кабель 10 кВ 3700 м	0,37	0,309	25	7,732
ТЗЛ	0,0000033	0,000	3	0,000
ОЛСП (ТР собств. нужд)	0,035	0,034	8	0,275
Разъединитель линейный	0,08	0,077	4,5	0,346
Трансформатор тока	0,0000033	0,000	3	0,000
ОПН	–	–	–	–
Выключатель вакуумный	0,004	0,004	8	0,032
Разъединитель шинный	0,08	0,077	4,5	0,346
Сборная шина ЦРП	0,09	0,086	2	0,172
Разъединитель шинный	0,08	0,077	4,5	0,346
Выключатель вакуумный	0,004	0,004	8	0,032
Трансформатор тока	0,0000033	0,000	3	0,000
ОПН	–	–	–	–
Разъединитель линейный	0,08	0,077	4,5	0,346
Сумма	0,838	–	–	9,761

Таблица 3 – Сравнительные показатели расчета надежности

Показатель	Схема	
	исходная	полученная
Средняя интенсивность отказов, год ⁻¹	1,706	1,596
Среднее вероятное время восстановления, ч	16,539	16,435
Вероятность безотказной работы, %	18,2	20,3

Таким образом, расчет показал: интенсивность отказов системы в год снизилась на величину $\Delta\lambda = 1,706 - 1,596 = 0,11$; среднее вероятное время восстановления в год снизилось на величину $\Delta T_{\text{вв}} = 16,539 - 16,435 = 0,104$ ч, вероятность безотказной работы за год возросла на 2,1 %.

Третий этап. Для потребителя электроэнергии важно оценить реальные затраты, которые он может понести из-за ненадежности электроснабжения и которые он мог бы закладывать в договорные отношения в случае

срыва поставок своей продукции. Экономический ущерб потребителя от перерыва электроснабжения имеет две составляющие:

$$Y = Y' + Y'',$$

где Y' – первичный ущерб, вызванный перерывом электроснабжения данного потребителя (предприятия или технологического агрегата); Y'' – вторичный ущерб в результате вынужденного простоя следующего технологического этапа или смежного предприятия.

При приближенных расчетах и проектировании можно пользоваться относительной величиной удельного ущерба на единицу потребленной электроэнергии или на единицу продукции (y):

$$Y' = y \cdot k_n \cdot \text{Пр},$$

где k_n – коэффициент простоя; Пр – средняя производительность предприятия.

В результате снижения выпуска продукции можно определить уменьшение величины прибыли. Тогда ущерб от перерыва электроснабжения можно рассчитать как разницу между ценой и себестоимостью единицы продукции, умноженной на количество единиц продукции, которые были бы изготовлены при нормальной работе производственной системы:

$$\Delta\Pi = \sum_{i=1}^n (\Pi_i - C_i) N_{\text{год}} t_{\text{пр}},$$

где Π_i , C_i – соответственно цена и себестоимость единицы продукции i -го вида; m – количество видов выпускаемой продукции; $N_{\text{год}}$ – часовая производительность оборудования по выпуску i -й продукции; $t_{\text{пр}}$ – время простоя оборудования по выпуску i -й продукции.

Если оборудование не простаивает, то частичный отказ техники вызывает снижение качества продукции и рост ее себестоимости.

Кроме того, перерывы в электроснабжении приводят к нарушению технологического процесса, вынужденных перерывов в работе персонала и простоев оборудования, недоиспользование оборудования, непроизводительного расхода сырья и т. д.

Четвертый этап. Сравнение вариантов систем электроснабжения производится с учетом следующих результатов: технологических расходов электроэнергии на ее транспортировку; вероятности безотказной работы и среднего времени восстановления; экономического ущерба потребителя от перерыва электроснабжения.

Оптимизацию по совокупности откликов математических и имитационных моделей выполняем в следующем порядке [2].

1 *Методы приведения откликов к одному типу и масштабу.*

Все отклики должны быть однотипными (требующими либо максимизации, либо минимизации). На практике очень часты случаи, когда какой-либо отклик, например $Y_2(x)$, требует минимизации ($Y_2(x) \rightarrow \min$), а все остальные отклики требуют максимизации ($Y_i(x) \rightarrow \max$; $i \neq 2$; $i = 1, 3, \dots, n$). В таких случаях для откликов, требующих минимизации, находят обратную величину $Y_2^*(x) = 1/Y_2(x)$.

Однако этой операции может оказаться недостаточно, поскольку каждый отклик имеет различный смысл и его значение определяется с различной размерностью.

Получено 01.11.2019

V. N. Galushko, D. N. Adamenko, I. L. Gromyko. Enhancing the power efficiency of the electric supply system of non-train railway users by analytical and simulation.

A simulation program (IM) of longitudinal power supply and automatic blocking lines for railway sections has been developed, which allows you to find the option of organizing power supply with the lowest technological consumption of electric energy for its transportation (TRET) using the statistical testing method based on a rational selection of equipment.

Поэтому отклики трудно сравнивать друг с другом даже в случае, когда они одного типа. В таких случаях используется операция «нормировка». Находят для каждого отклика максимальное значение:

$$Y_{mi} = \max_i Y_i \quad \text{или} \quad Y_{mj}^* = \max_j Y_j^*; \quad i, j = \overline{1, m}.$$

Проводится нормировка каждого отклика:

$Y_i^{**} = Y_i / Y_{mi}$ – для откликов, требующих максимизации;

$Y_j^* = Y_j^* / Y_{mj}^*$ – для откликов, полученных с помощью операции приведения к одному типу.

В итоге все компоненты вектора параметров $\{Y_i^{**}\}$; $i = \overline{1, n}$ будут иметь одинаковый тип (в данном случае требовать максимизации) и изменяться в одном и том же диапазоне их значений $[0, 1]$, нормированных максимальным значением. Поэтому их можно сравнивать.

2 *Метод составного критерия.*

Все отклики имеют один и тот же масштаб изменения, и они все одного типа, исследователь может формировать составной отклик $Y_0(x)$ согласно следующей процедуре. Исследователь сам определяет важность каждого критерия с помощью весовых коэффициентов важности (δ_i). Предполагается, что $\delta_i \geq 0$ $i = \overline{1, n}$, а сумма коэффициентов важности равна единице: $\delta_i \geq 0$;

$\sum_{i=1}^n \delta_i = 1$. Определяется составной (обобщенный) отклик

варианта СС: $Y_0(x) = \sum_{i=1}^n \delta_i Y_i(x)$. Если $Y_i(x) \rightarrow \max$, то и

$Y_0(x) \rightarrow \max$.

Весовые коэффициенты определяются с помощью особых методов планирования эксперимента с учетом зависимости минимального числа экспертов от допустимой ошибки и определением суммы коэффициентов компетентности всех кандидатов в эксперты.

Технология реализации имитационных и аналитических моделей позволит выбрать наиболее эффективный вариант системы электроснабжения, учитывающий технологические расходы электроэнергии на ее транспортировку; вероятность безотказной работы и среднего времени восстановления; экономического ущерба потребителя от перерыва электроснабжения.

Список литературы

1 ТКП 460–2012 (02230). Порядок расчета величины технологического расхода электрической энергии на ее передачу по электрическим сетям, учитываемой при финансовых расчетах за электроэнергию между энергоснабжающей организацией и потребителем (абонентом). – РУП «Белэнергосетьпроект». – Минск. – 62 с.

2 Галушко, В. Н. Математические модели в транспортных системах : учеб.-метод. пособие / В. Н. Галушко. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 154 с.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

С. В. СКИРКОВСКИЙ, кандидат технических наук, С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МЕТОДИКА РАСЧЁТА СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ Поездки Пассажира НА МАРШРУТНОЙ СЕТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА РЕГУЛЯРНОГО СООБЩЕНИЯ НА ОСНОВАНИИ ВЫБОРОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАССАЖИРОПОТОКА

Разработана методика расчёта средней дальности поездки пассажира городского пассажирского транспорта регулярного сообщения на основе выборочных обследований пассажиропотока, позволяющая сократить их объем, при условии сохранения заданной точности результатов.

Введение. В условиях постоянного градостроительства, образования новых центров тяготения пассажирских потоков периодически происходит изменение длин маршрутов, пути их следования, а также образование новых маршрутов. Такие изменения оказывают непосредственное влияние на среднюю дальность поездки пассажира [1–2]. Средняя дальность поездки – расстояние, км, которое проехал в среднем один пассажир по транспортной сети (сетевая) или на одном маршруте (маршрутная). Определяется отношением транспортной работы к объему перевозок. Транспортная работа – общее количество пассажиро-километров, пас-км, выполненное за определенный промежуток времени (час, сутки, год и др.) транспортными средствами. Устанавливается произведением объема перевозок и средней дальности поездки пассажира или суммарной величиной двух сомножителей: протяженности отдельных участков транспортной сети (маршрута) и пассажиропотоков на них [8].

Согласно действующему в Республике Беларусь законодательству [7] среднее расстояние поездки принимается равным среднему расстоянию, фактически сложившемуся за год, предшествующий текущему, а в случае проведения организацией в текущем году обследования средней дальности поездки одного пассажира по данному городу – среднему расстоянию поездки, полученному по результатам такого обследования. Таким образом законодательство Республики Беларусь устанавливает необходимость ежегодного проведения обследований пассажиропотоков для определения средней дальности поездки пассажира.

Обследования подвижности, передвижений и поездок населения должны проводиться только выборочно, с использованием методов и приемов математической статистики ([8], п. 5.9). Они могут проводиться в один или несколько дней (различные дни недели или сезоны года) за весь период работы подвижного состава на линии или в отдельные часы суток и подразделяются на сплошные (по всей сети общественного транспорта одновременно с охватом всего количества подвижного состава) и выборочные (по отдельным маршрутам, участкам сети или остановочным пунктам с охватом части подвижного состава), на систематические и разовые ([8] п. 5.10).

Методика расчёта средней дальности поездки пассажира. Практическое применение методики осуществляется путем последовательной реализации следующих действий.

На первом этапе определяется размер выборки, который обеспечивает требуемую точность. Исходными данными для расчетов служит отчетно-статистическая информация предприятия пассажирского транспорта, осуществляющего перевозку пассажиров в рассматриваемом населенном пункте, а также данные предыдущего обследования пассажиропотоков на маршрутной сети: среднесуточный объем перевозок пассажиров на каждом из маршрутов, входящих в маршрутную сеть, протяженность этих маршрутов и средняя дальность поездки пассажиров [4]. Для определения размера выборки n при обследовании пассажиропотоков рекомендуется принимать следующее выражение [5–6]:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2 N}{N \Delta^2 + t^2 \sigma^2}, \quad (1)$$

где t – аргумент функции $F(t)$ (является справочной величиной [5]); σ^2 – дисперсия выборки; Δ – предел ошибки выборки; N – объем генеральной совокупности.

Численность выборки определяется с вероятностью 0,95, обеспечивающей заданную точность ($\Delta = 0,1$). Тогда, при $F(t) = 0,95$, $t = 1,96$ [5].

Дисперсия выборки определяется из выражения

$$\sigma_i^2 = \frac{l_n^2}{k+1}, \quad (2)$$

где l_n – средняя дальность поездки пассажира на основании предыдущих обследований, км; k – параметры распределения Эрланга.

Параметр k приближенно можно найти из выражения [4]:

$$k = \left(\frac{5 \bar{l}_n}{l_{\max}} - 1 \right)^2, \quad (3)$$

где l_{\max} – протяженность самого длинного маршрута, км.

Значения k округляются до целого числа. По полученным значениям σ^2 и k и с учетом суточного объема перевозок на каждом маршруте по формуле (1) определяется достаточный объем выборки (количество перевезенных пассажиров), подлежащий обследованию.

Второй этап реализации методики предполагает определение количества рейсов для обследования пассажиропотоков на каждом маршруте (N_{poi}) по формуле

$$N_{poi} = N_{pi} \frac{n_i}{n_{сут}}, \quad (4)$$

где i – номер маршрута; N_{pi} – число рейсов за сутки на маршруте; n_i – достаточный объем выборки на i -м маршруте (формула (1)); $n_{сут}$ – суточный объем перевозки пассажиров на i -м маршруте (принимается по данным учета автомобильного перевозчика).

Третий этап методики заключается в подготовке выборочного обследования. В соответствии с рассчитанным количеством рейсов, необходимых для обследования, и расписанием движения автобусов составляется график проведения обследования.

При составлении графика проведения обследований соблюдаются следующие основные принципы [3]:

– обследования должны охватить весь период работы автобусов на маршруте, включая рейсы в часы пик, межпиковый период и во время дежурного движения. Кроме того, исследования проводятся как в будние, так и в выходные дни;

– частота исследуемых рейсов должна соответствовать интенсивности движения автобусов в зависимости от времени суток (в пиковые периоды совершается большее количество рейсов, следовательно, должна быть больше доля обследуемых рейсов).

Все участники обследования разбиты на бригады. Каждая бригада имеет свой график работы. Обследования пассажиропотоков проводятся в автобусах. При этом учетчики располагаются в транспортном средстве таким образом, чтобы без труда видеть количество выходящих и входящих пассажиров. Если обследования проводились в трехдверном автобусе, то обследование проводилось тремя учетчиками, каждый из которых располагался у своей двери. Схемы расположения учетчиков в автобусе приведены на рисунках 1, 2.

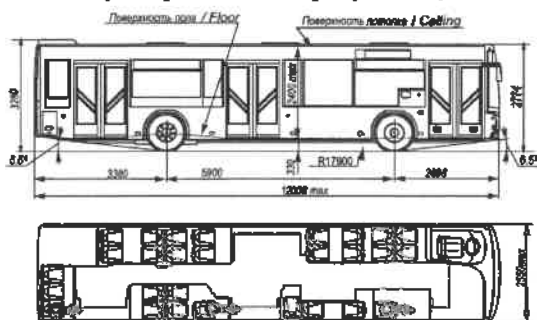


Рисунок 1 – Схема расположения учетчиков в трехдверных автобусах

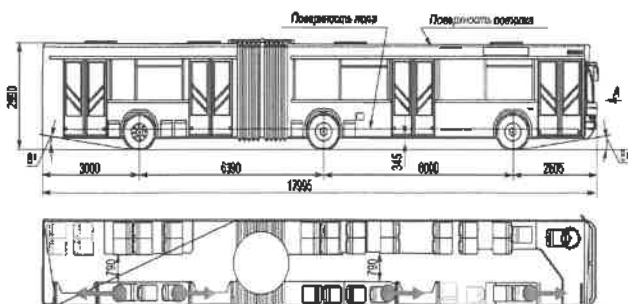


Рисунок 2 – Схема расположения учетчиков в сочлененных автобусах

На четвертом этапе выполняется обработка материалов обследования с целью определить значение величины средней дальности поездки пассажира на маршрутной сети, обслуживаемой рассматриваемым транспортным предприятием. Средняя дальность поездки на каждом маршруте и в общем на всей маршрутной сети в соответствии с действующим законодательством определяется по формуле

$$\bar{l}_n = \frac{\sum NL}{\sum N}, \quad (5)$$

где $\sum NL$ – пассажирооборот на перегоне, пас·км; $\sum N$ – суммарное количество проехавших за оборот пассажиров, пас.

Пример реализации методики расчета средней дальности поездки пассажира.

1-й этап. Для расчета величины выборки необходимо по формуле (3) определить параметр k , принимая на основании предыдущих обследований следующие исходные данные: средняя дальность поездки 4,31 км, максимальная длина маршрута 13,3 км.

$$k = \left(\frac{5 \cdot 4,31}{13,3} - 1 \right)^2 = 1.$$

Далее по формуле (2) значение дисперсии

$$\sigma_i^2 = \frac{4,31^2}{1+1} = \frac{18,58}{2} = 9,29.$$

Подставляя в выражение (1) приведенные рассчитанные выше значения, а также величину пассажирооборота на маршруте, равную 3600 пас. (по данным автомобильного перевозчика), можно получить величину выборки для одного маршрута:

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 9,29^2 \cdot 3600}{3600^2 + 1,96^2 \cdot 9,29^2} = 1792 \text{ пас.}$$

Результаты расчетов для остальных маршрутов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Определение численности выборки

Маршрут	Суточный объем перевозок, пас.	Величина выборки, пас.	Минимальный размер выборки, %
2	3600	1792	50
3	673	566	84
4	11273	2710	40
5	3400	1741	51
6	2240	1376	61
7	650	550	85
8	2160	1345	62
9	117	113	97
9А	117	113	97
11	230	216	94
12	70	69	98
14	10553	2667	40
15	95	93	97
16	7197	2385	40
17	267	248	97

Окончание таблицы 1

Маршрут	Суточный объем перевозок, пас.	Величина выборки, пас.	Минимальный размер выборки, %
18	2973	1622	55
19	4423	1975	45
19А	14	14	100
20	2357	1419	60
21	3740	1826	49
22	6560	2311	40
23	5317	2135	40
24	1537	1074	70
24А	133	129	96
Итого	69696	28489	41

2-й этап. По формуле (4) и с учетом данных таблицы 1 можно получить для маршрута № 2:

$$N_{p02} = 92 \cdot \frac{1792}{3600} = 50 \%$$

То есть, на маршруте № 2 достаточно произвести обследования на 50 % рейсов. Результаты расчета для остальных маршрутов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение числа рейсов для обследования

Маршрут	Число рейсов в сутки	Процент выборки на обследование	Число рейсов для обследования
2	92	50	45
3	42	84	35
4	78	40	31
5	128	51	65
6	110	61	67
7	58	85	49
8	55	62	34
9	28	97	27
9А	32	97	30
11	28	94	26
12	24	98	23
14	79	40	31
15	1	97	1
16	140	40	56
17	10	97	9
18	51	55	27
19	48	45	21
19А	2	100	2
20	48	60	28
21	70	49	34
22	88	40	35
23	46	40	18
24	10	70	6
24А	8	100	8
Итого	1276	41	708,00

3-й этап. Подготовлено и проведено обследование пассажиропотоков на всех маршрутах с учетом достаточного числа рейсов, которые подлежат обследованию, приведенных в таблице 2.

4-й этап. По формуле (5) с учетом данных проведенного обследования пассажиропотоков рассчитываются значения средней дальности поездки пассажира на каждом маршруте (таблица 3).

Таблица 3 – Определение средней дальности поездки пассажиров на маршрутах

Маршрут	Пассажирооборот, пас·км	Объем перевозок, пас.	Средняя дальность поездки (\bar{l}_n), км
2	2392	13290,6	5,56
3	899	2555,7	2,84
4	2567	13358,3	5,20
5	2521	7686,3	3,05
6	2843	14809,4	5,21
7	1044	2603,2	2,49
8	2202	9810,9	4,46
9	1010	4397,6	4,35
9А	680	2159,6	3,18
11	420	1754,1	4,18
12	219	512,8	2,34
14	2641	14229,9	5,39
15	122	681,1	5,58
16	1986	8204,4	4,13
17	645	3735,3	5,79
18	1789	9697,6	5,42
19	1780	8019,9	4,51
19А	105	442,3	4,21
20	1767	7824,8	4,43
21	1967	6919,2	3,52
22	2674	12049,6	4,51
23	2103	10561	5,02
24	1935	10163,3	5,25
24А	897	4229,9	4,72

Для определения средней дальности поездки пассажира на всей маршрутной сети необходимо в формулу (5) подставить значения пассажирооборота на всех перегонах для всех маршрутов и суммарное значение перевезенных пассажиров за сутки (с учетом доли выполненного объема перевозок пассажиров):

$$\bar{l}_n = \frac{13290,6/0,5 + 2555,7/0,84 + \dots + 4229,9/1,0}{2392/0,5 + 899/0,84 + \dots + 897/1,0} = 4,62 \text{ км.}$$

Таким образом, средняя дальность поездки пассажиров на маршрутной сети, обслуживаемой перевозчиком, составляет 4,62 км.

Экономическая эффективность применения методики. Экономический эффект применения предлагаемой методики заключается в снижении затрат на проведение обследований пассажиропотоков с сохранением допустимой точности полученных результатов. В приведенном примере для проведения сплошного обследования необходимо 1276 рейсов (см. таблицу 2), общее время на обследование – 2055 чел·ч, количество учетчиков 102 чел. При реализации выборочного обследования по предложенной методике на обследование 708 рейсов потребуется привлечь 42 человека при суммарном времени 843 чел·ч. Учитывая, что учетчикам необходимо для оплаты выполненной работы 4028 руб. при сплошном и 1652 руб. при выборочном обследовании исходя из минимального размера оплаты труда, экономия составит 2376 руб. При более высоком уровне оплаты труда учетчиков экономическая эффективность увеличивается пропорционально росту уровня оплаты труда [2].

Заключение. Городские пассажирские перевозки в регулярном сообщении являются социально значимым видом услуг, оказываемых населению. Их стоимость влияет на потребительскую способность, а порядок ее расчета регламентируется законодательством Республики Беларусь. Одним из основных трудоемких и дорогостоящих этапов является проведение обследований пассажиропотоков. В данной статье дается методика проведения таких обследований, позволяющая сократить их объем, при условии сохранения заданной точности результатов. Приведен пример ее применения. Расчет экономического эффекта в рамках одного перевозчика показал, что применение предлагаемой методики позволяет снизить затраты на проведение обследований на 2300 рублей. Методика прошла широкую апробацию и запатентована в УП «Белпатентсервис» Белорусской торгово-промышленной палаты [9].

Список литературы

1 Аземша, С. А. Оценка средней дальности поездки пассажиров на городских автобусных маршрутах, обслуживаемых ОАО «Автобусный парк № 2 г. Мозыря»: отчет о НИР. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 52 с.

2 Аземша, С. А. Социально-экономическая оценка временных потерь пассажиров маршрутных транспортных средств в городском регулярном сообщении / С. А. Аземша, С. В. Скиркоцкий, В. Н. Стукачев // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и

грузов : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., 23–24 окт. 2009. – Минск : БНТУ, 2010. – С. 64–69.

3 Скиркоцкий, С. В. Организация перевозок пассажиров с обоснованием параметров городского маршрутизированного транспорта. В 2 т. : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / С. В. Скиркоцкий. – Минск : 2018. – 346 л.

4 Скиркоцкий, С. В. Исследование влияния факторов на результативность работы городского пассажирского маршрутизированного транспорта / С. В. Скиркоцкий // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 1(34). – С. 30–35.

5 Харин, Ю. С. Теория вероятностей, математическая и прикладная статистика : учеб. / Ю. С. Харин, Н. М. Зуев, Е. Е. Жук. – Минск : БГУ, 2011. – 464 с.

6 Statistica 13.3: Computer program. – Serial number JRR709H998119TE-A.

7 Указания по заполнению формы государственной статистической отчетности 12-тр (авто): отчет о наличии и использовании автомобильного транспорта : утв. постановлением Нац. стат. комитета Респ. Беларусь 23.05.2018 № 22.

8 Проектирование сетей городского пассажирского транспорта. ПЗ-01 к СНБ 3.03.02–97. Изд. офиц. : утв. приказом М-ва архит. и стр-ва Респ. Беларусь 29 октября 2001 г. № 547; зарегистрировано Главным управлением строительной науки и нормативов Минстройархитектуры Респ. Беларусь 29 октября 2001 г. № 171. – Минск, 2002.

9 Методика расчета средней дальности поездки пассажира на маршрутной сети общественного транспорта регулярного сообщения на основании выборочных исследований пассажиропотока : пат. сер. V-АП № 2019-002.

Получено 15.10.2019

S. U. Skirkouski, S. A. Azemsha. The method of calculating the average travel distance of a passenger on the route network of public transport regular messages on the basis of sample studies of passenger traffic.

The method of calculating the average distance of passenger trips of public passenger transport regular reports based on sample surveys of traffic flow, which allows to reduce their volume, while maintaining the desired accuracy of results.

УДК 625.731.8

К. Д. САЛЯМОВА, доктор технических наук, Институт механики и сейсмостойкости сооружений (Республика Узбекистан, Ташкент); Р. М. ХУДАЙКУЛОВ, доктор технических наук, Д. А. КАЮМОВ, старший преподаватель, Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог (Республика Узбекистан)

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРМИРУЮЩЕЙ СЕТКИ

В практике дорожного строительства широко распространены промежуточные конструктивные слои, выполненные из щебня, гравия и других необработанных вяжущих зернистых материалов, что способствует образованию микросдвигов в контактной зоне с грунтом, которые под действием постоянных нагрузок накапливаются и приводят к нарушению целостности дорожного покрытия и ухудшению транспортно-эксплуатационных показателей дороги. Одним из решений этой проблемы может служить армирование оснований из зернистых материалов геотекстильными прослойками в виде сеток.

В связи с этим предлагается расчетная схема механизма влияния армирующей сетки, уложенной на контактной основе дискретного слоя дорожной одежды с подстилающим грунтом, что позволяет экспериментально установить закономерности влияния прослойки в контактной зоне на напряженно-деформированное состояние конструкции в условиях, соответствующих по величине упругим прогибам в упругой стадии. Представлены результаты экспериментов, подтверждающих теоретические представления о влиянии армирующей сетки на напряженно-деформированные конструкции при статическом нагружении, получены эмпирические коэффициенты, необходимые для расчета армированных конструкций по предложенной методике. Помимо этого, выполнен анализ целесообразности и эффективности применения армирующей прослойки в дорожной конструкции.

В настоящее время недостаточно изучена работа слабосвязных зернистых материалов в слоях дорожных одежд, что не позволяет разработать метод расчета, учитывающий особенности данных материалов из-за их дискретной структуры, которая приводит к изменению прочностных характеристик в зависимости от их размещения в слоистой конструкции и в характере передачи этими материалами приложенного к ним давления на нижележащий грунт.

Зернистый материал в контактной зоне с подстилающим грунтом можно отнести к распорным системам, так как любые два зерна опираются друг на друга и на подстилающий грунт, способны создать на его поверхности касательные напряжения от вертикального давления, которые в плоскости контакта системы «зернистый материал – подстилающий грунт» должны быть выше, чем касательные напряжения в плоскости контакта системы «сплошной материал – подстилающий грунт». Используя известные решения теории упругости и контактных задач теории упругости [1] покажем, что наличие касательных напряжений в плоскости контакта влияет на напряженное состояние нижележащего полупространства.

Анализ работ, связанных с исследованиями контактной прочности материала, показывает, что наличие наряду с вертикальной дополнительной касательной нагрузки на поверхности контакта существенно влияет на напряженное состояние материала, снижая его прочность по сдвигу. Присутствие касательных нагрузок изменяет распределение напряжений в зоне контакта, увеличивая максимальные касательные напряжения и приближая их к поверхности [2]. В предельном случае сочетания внешних нормальных и касательных сил, максимальные касательные напряжения выходят на поверхность контакта, обуславливая поверхностный критерий разрушения.

На примере решения теоретической задачи, подтвержденной экспериментом, показана целесообразность и эффективность применения армирующей прослойки в дорожной конструкции с учетом особенностей работы зернистых материалов в контактной зоне с подстилающим грунтом. При этом устанавливается их влияние на поведе-

ние конструкции в целом. Предложенная расчетная схема объясняет механизм влияния армирующей сетки, уложенной на контакте дискретного слоя дорожной одежды с подстилающим грунтом на напряженно-деформированное состояние грунта под сеткой. Получены расчетные зависимости в рамках задач теории упругости, позволяющих в рамках существующей теории расчета дорожных одежд нежесткого типа учесть влияние армирующей сетки на напряженное состояние грунта в зависимости от деформативных характеристик сетки и грунта.

Армирование зернистого материала в контактной зоне с подстилающим грунтом прослойками в виде сеток ограничивает передачу касательных напряжений $\tau(r)$ на грунт, так как при совместной работе сетки с дискретным материалом слоя обеспечивается их зацепление, а касательные напряжения частично воспринимаются сеткой. Включение прослойки почти не влияет на величину и распределение этих напряжений, армирование мало влияет на упругий прогиб. Влияние снижения $\tau_{a, \max}$ в результате армирования можно учесть в расчете дорожной одежды по сдвигу в подстилающем грунте, введя в выражение условия предельного равновесия при расчете армирования дорожной одежды коэффициент $K_{\text{эф}}^{\Phi}$ [1], понижающий расчетные сдвигающие напряжения:

$$\tau_{a, \max} / K_{\text{эф}}^{\Phi} + K_{\text{эф}}^{\Phi} K_{\text{эф}}^{\Phi} \tau_b \leq T_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где τ_b и $T_{\text{доп}}$ – соответственно активное напряжение сдвига от веса или лежащих слоев и допустимого напряжению сдвига, МПа; $K_{\text{эф}}^{\Phi}$ – коэффициент эффективности армирования, определяемый как отношение $\tau_{a, \max}$ в конструкции без сетки $\tau_{a, \max}^*$ и конструкции с сеткой,

$$K_{\text{эф}}^{\Phi} = \frac{\tau_{a, \max}}{\tau_{a, \max}^*}. \quad (2)$$

Максимальное активное сдвигающее напряжение в подстилающем грунте определяется через главные

максимальные σ_1 и минимальные σ_3 напряжения по известной зависимости

$$\tau_{a,\max} = \frac{1}{2 \cos \varphi} [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi]. \quad (3)$$

Для армированной конструкции запишем

$$\tau_{a,\max}^* = \frac{1}{2 \cos \varphi} [(\sigma_1^* - \sigma_3^*) - (\sigma_1^* + \sigma_3^*) \sin \varphi], \quad (4)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта, град; * – индекс, соответствующий параметрам армированной дорожной одежды.

При $\varphi = 0$ выражения (3) и (4) преобразуются в выражение для определения максимальных сдвигающих напряжений τ_{\max} и τ_{\max}^* , соответственно в подстилающем грунте неармированной и армированной конструкций. В этом случае (2) можно записать как

$$K_{\text{эф}} = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{\max}^*}. \quad (5)$$

После некоторых преобразований с учетом соотношения $2\tau_{\max} = \sigma_1 - \sigma_3$ получим

$$K_{\text{эф}}^\varphi = \frac{\tau_{\max} - (\sigma_1 - \tau_{\max}) \sin \varphi}{\tau_{\max}^* - (\sigma_1^* - \tau_{\max}^*) \sin \varphi}. \quad (6)$$

Разделив числитель и знаменатель на τ_{\max} и учитывая (6) и то, что $\sigma_1 \approx \sigma_1^*$, имеем

$$K_{\text{эф}}^\varphi = \frac{K_{\text{эф}} - (\sigma_1^* / \tau_{\max}^* - K_{\text{эф}}) \sin \varphi}{1 - (\sigma_1^* / \tau_{\max}^* - 1) \sin \varphi}. \quad (7)$$

При этом учтем, что $2\tau_{\max}^* = \sigma_1^* - \sigma_3^*$, тогда выражение примет вид

$$\sigma_1^* / \tau_{\max}^* = 2 + \sigma_3^* / \tau_{\max}^*. \quad (8)$$

В подтверждение расчетного напряженного состояния в подстилающем грунте для двухслойных и трехслойных дорожных одежд с использованием решения А. Г. Буленко [2] для условий, рассматриваемых в работе, напряжение σ_3 в данном расчетном сечении составляет не менее $0,15 \sigma_1$. Следовательно, отношение $\sigma_1^* / \tau_{\max}^*$ с точностью 5 %, достаточной для практических расчетов, можно принять равным 2. При этом (7) будет иметь вид

$$K_{\text{эф}}^\varphi = \frac{K_{\text{эф}}(1 + \sin \varphi) - 2 \sin \varphi}{1 - 2 \sin \varphi}. \quad (9)$$

Как видно из (9), коэффициент эффективности армирования зависит от степени снижения τ_{\max} в подстилающем грунте конструкции при его армировании и угла внутреннего трения φ . Отсюда следует, что степень снижения максимальных сдвигающих напряжений τ_{\max} в подстилающем грунте при прочих разных условиях прямо зависит от степени снижения касательных напряжений в плоскости контакта.

С целью подтверждения теоретических положений в отношении механизма эффективности армирования, выявления закономерностей влияния геосетки на напряженно-деформированное состояние конструкции и получения количественной оценки эффекта армирования ($K_{\text{эф}}$ и $K_{\text{эф}}^\varphi$) были поставлены эксперименты на автомобильных дорогах «Реконструкция автодороги 4Р-33 Ульянов-

во – Найман (Гулистан – Гагарин)» в Сырдарьинской области Республики Узбекистан. Экспериментальные исследования заключались в проведении сравнительных штамповых испытаний на армированных и неармированных щебеночных основаниях с измерением главных напряжений в подстилающем грунте.

Исходная конструкция устраивалась на площадке с размерами в плане 350×250 см и включала два слоя: нижний – толщиной 3 м из легкой супеси максимальной плотности $\rho_{\max} = 1,82 \text{ г/см}^3$ и оптимальной влажности $W_{\text{опт}} = 13 \%$, имеющий модуль упругости $E_{\text{гр}} = 57 \text{ МПа}$, и верхний – максимально уплотненный известковый щебень толщиной $h = 14$ см, имеющий модуль упругости $E_{\text{в}} = 150 \text{ МПа}$.

Уплотнение грунта проводили послойно виброкатком массой 12 т и доводили до плотности, соответствующей $K_{\text{у}} = 0,98 \dots 1,0$. Модуль упругости грунта определяли штампом $D = 50$ см при удельном давлении $P = 0,1 \dots 0,15 \text{ МПа}$.

Слой щебня уплотняли виброкатком до максимальной плотности. Модуль упругости на поверхности щебеночного слоя определяли при загрузении штампом в процессе испытаний дорожной одежды. Толщину щебеночного слоя контролировали высокоточным нивелированием до и после устройства щебеночного слоя.

Для армирования исходной конструкции использовали базальтовую сетку типа № 1 с размерами ячеек 10×10 мм и металлическую сетку ВР-1 по ГОСТ 23279-2012, используемую в промышленности, с размерами ячеек 25×25 мм. Их упругие характеристики определяли при одноосном растяжении. Эффективный модуль упругости базальтовой сетки $E_{\text{с}} = 460 \text{ МПа}$ при толщине 0,9 мм, а эффективный модуль упругости металлической $E_{\text{с}} = 2200 \text{ МПа}$ при толщине 0,6 мм. На рисунке 1 показаны экспериментальные конструкции щебеночных оснований и схема расположения месдоз в подстилающем грунте конструкции.

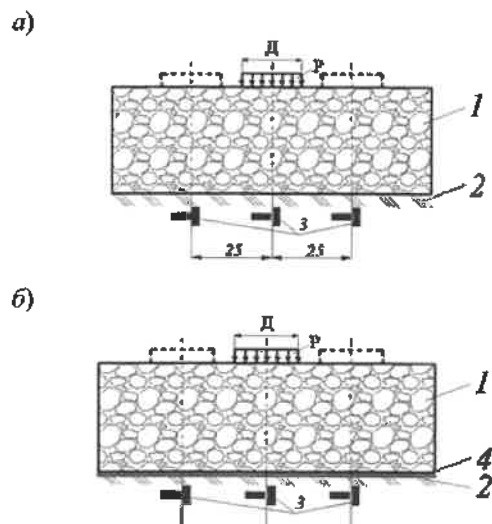


Рисунок 1 – Экспериментальные конструкции щебеночных оснований и схема расположения месдоз:

а – без армирующей прослойки; б – с армирующей прослойкой; 1 – щебень толщиной 14 см; 2 – подстилающий грунт; 3 – месдозы; 4 – армирующая прослойка

Для испытания конструкций дорожных одежд с капитальным покрытием специально были построены опытные участки. Испытываемые конструкции устраи-

вали на одном грунтовом массиве на двух смежных площадках с размерами в плане 350×250 см каждая. Конструкция без армирующей сетки состояла из четырех слоев: нижнего слоя толщиной 3 м из легкой супеси, имеющего модуль упругости $E_p = 100$ МПа, слоя гранитного щебня фракции 20–40 мм толщиной 16 см, нижнего и верхнего слоев покрытия из песчаного асфальтобетона толщиной соответственно 3 и 5 см. Для армирования конструкции использовали сетку из базальта № 2 толщиной 1,4 мм с размерами ячеек 40×40 мм и модулем упругости на растяжение $E_c = 230$ МПа. Сетку укладывали между подстилающим грунтом и щебеночным основанием (рисунок 2).

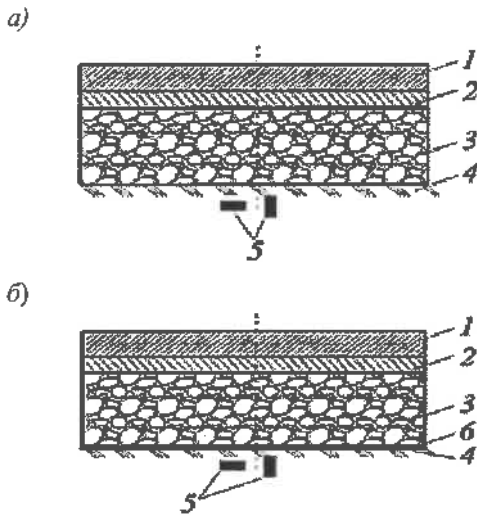


Рисунок 2 – Экспериментальные конструкции с капитальным типом покрытия и схемы расположения месдоз:
 а – без армирующей прослойки; б – с армирующей прослойкой;
 1 – асфальтобетон верхнего слоя $h_1 = 5$ см; 2 – асфальтобетон нижнего слоя $h_2 = 3$ см; 3 – гранитный щебень фракции 20–40 мм $h_3 = 16$ см;
 4 – супесь лёгкая; 5 – месдозы; 6 – армирующая прослойка

Нижний слой из супеси и слой основания из гранитного щебня устраивали аналогично предыдущей конструкции со щебеночным основанием. Щебеночное основание расклинивали гранитными высевками фракции 5–10 мм с одновременным увлажнением водой из расхода 1 л/м^2 и уплотнением вибрационным катком массой 12 т. Слой покрытия устраивали в один день с перерывом в 3 часа из горячей песчаной асфальтобетонной смеси. Укладку и разравнивание асфальтобетонной смеси производили вручную. Контроль толщины устраиваемых слоев осуществляли в процессе строительства [4]. Используемые в экспериментах сетки на основе базальтового волокна имели соответствующую обработку различными связующими. Оценке свойств сеток для условий дорожного строительства были посвящены специальные исследования. Экспериментально определяли деформативные характеристики при одноосном растяжении, водостойкость, износостойкость при многократном приложении нагрузки и контактном взаимодействии с зернистым материалом.

Методика проведения экспериментов на щебеночных основаниях. В процессе испытаний щебеночных оснований нагрузку на их поверхность передавали через жесткие круглые штампы диаметром 20, 34 и 50 см с помощью гидравлического домкрата, упирающегося в задний мост автомобиля КАМАЗ. Нагрузку измеряли манометром. Испытания проводили в соот-

ветствии с общепринятой методикой штамповых испытаний при интенсивности нагрузки 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 МПа, изложенной в инструкции [5]. Для выравнивания покрытия в месте контакта со штампом использовали мелкий песок. Перед испытаниями конструкции предварительно обжимали давлением 0,25 МПа в течение 2 минут. Вертикальные перемещение штампа измеряли индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм, устанавливая его по центру штампа. В качестве репера для индикаторов использовали балку, опоры которой располагались за пределами экспериментальной конструкции.

Отсчеты по индикатору снимали при каждом нагружении после 30-секундной выдержки конструкции под этой нагрузкой, и при разгрузке после 30-секундного восстановления деформации. По разности отсчетов определяли упругую осадку конструкции под штампом. На рисунке 3 представлены зависимости упругих прогибов поверхности от давления под штампом для армированной и неармированной конструкций.

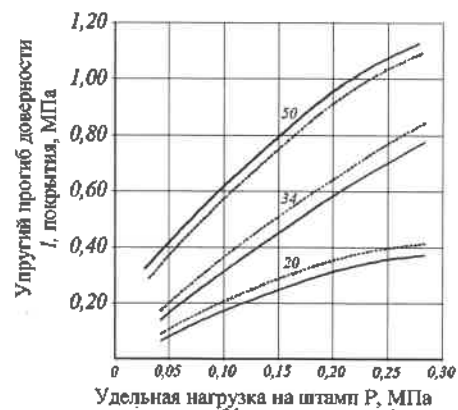


Рисунок 3 – Зависимость между удельным давлением на штамп и его упругой осадкой для (цифры на кривых – диаметр штампа):
 — — — — — неармированной
 — — — — — армированной

Анализ этих закономерностей свидетельствует о том, что обе конструкции в заданных пределах нагружения работали в упругой стадии, а взаимосвязь «прогиб – нагрузка» была линейной.

Напряжения в подстилающем грунте измеряли месдозами конструкции ЦНИИСК [6], устанавливая их горизонтально для определения наибольших главных напряжений σ_1 , и вертикально для определения наименьших главных напряжений σ_3 . В качестве регистрируемого прибора использовали многоканальный самописец типа НЗ27-6 для записи показаний с ИДМ-0 и измеритель деформации цифровой (ИДЦ-1) для записи показаний с месдоз, выходной сигнал которых предварительно усиливали с помощью восьмиканального усилителя 8АНЧ-7М.

Перед установкой в грунт месдозы градуировали в воздушной среде. Зависимость выходного сигнала от давления в интервале нагрузок 0,05–0,25 МПа для всех используемых месдоз была линейной. Для получения действительных напряжений в грунте использовали переходные коэффициенты, полученные при градуировке месдозы каждого вида в грунтовом массиве.

При измерении напряжений в грунтах с помощью месдоз наиболее существенными погрешностями явля-

ются случайные, связанные с неоднородностью окружающего грунта. Величина этих погрешностей может достигать порядка 40 %. Учитывая, что изменение σ_1 и σ_3 от введения армирующей прослойки в дорожную конструкцию могло быть незначительными, для учета этих погрешностей, а также погрешностей за счет установки месдоз, сопоставляемые конструкции устраивали на одном и том же грунтовом массиве, установив по площади (в плане) 13 месдоз на расстоянии не менее 25 см друг от друга. Центр мембраны месдоз располагали на глубине 6 см от поверхности грунта.

Перед устройством испытываемых конструкций с грунтовой площадки отбирали 10 проб грунта с ненарушенной структурой для определения его прочностных характеристик: удельного сцепления C_n и угла внутреннего трения φ_n . Образцы испытывали на сдвиговом приборе, срезая их по двум плоскостям при величинах вертикальной нагрузки 0,05; 0,10 и 0,15 МПа. Нормативные значения C_n и φ_n определяли, обрабатывая результаты испытаний вычислением по методу наименьших квадратов прямолинейной зависимости [7]. Полученные при этом прочностные характеристики грунта имели значения $C_n = 0,022$ МПа и $\varphi_n = 37,5$.

Эффективность армирования дорожных одежд прослойками в виде сеток оценивали в экспериментах по пяти показателями упругому прогибу на поверхности конструкций, главным напряжениями σ_1 и σ_3 в подстилающем грунте и вычисленным по ним максимальным сдвигающим τ_{max} и максимальным активным сдвигающим $\tau_{a,max}$ напряжениям. Учитывая, что измеренные значения σ_1 и σ_3 и вычисленные по ним τ_{max} и $\tau_{a,max}$ могли иметь погрешность при анализе эффекта армирования, оценку на достоверность производили при 95 %-ной доверительной вероятности.

Результаты экспериментальных исследований обобщены и сопоставлены. Сопоставление напряженного состояния выявило для армированных конструкций некоторое уменьшение σ_1 (на 5–15 %), увеличение σ_3 и снижение τ_{max} и $\tau_{a,max}$ (таблица 1).

Таблица 1 – Степень влияния армирующей сетки на напряженное состояние в подстилающем грунте конструкции

Экспериментальная конструкция	Увеличение σ_3 и снижение τ , % при отношении H/R				
	0,50	0,80	1,30	1,40	2,40
Щебеночное основание, армированное сеткой: - ВР-1	15/42	26/46	39/37	–	–
- базальтовой тип № 1	13/ 13(60)	37/ 34(61)	33/ 17(33)	–	–
Нежесткая дорожная одежда с щебеночным основанием, базальтовой сеткой тип № 2	–	–	–	55/ 19(42)	30/ 10(22)
Примечания					
1 H и R соответственно толщина слоя над сеткой и радиус штампа;					
2 В числителе дано увеличение σ_3 , в знаменателе – снижение τ_{max} и $\tau_{a,max}$ (в скобках), % по сравнению с неармированной конструкцией.					

Анализ таблицы 1 показал, что эффект армирования зависит:

1) от деформативных свойств применяемых сеток (с увеличением модуля упругости сеток при растяжении эффект армирования возрастает (см. данные в знаменателе (таблица 1));

2) от структуры применяемых сеток (при увеличении ячеек сетки до размеров, превышающих минимальную крупность зерен материала основания, эффективность работы сетки снижается, поскольку в этом случае плохо обеспечивается совместность их работы). Как видно из таблицы 1, для металлической сетки размером ячеек 25×25 мм эффект от σ_3 меньше, чем при базальтовой типа № 1 и размером ячеек 10×10 мм, несмотря на то, что модуль упругости первой значительно выше.

Следует отметить, что увеличение горизонтальной составляющей напряжения каким-либо способом повышает несущую способность основания [8–10] и поэтому имеет большое практическое значение. Полученное в экспериментах увеличение σ_3 , может служить оценкой прочности дорожной одежды по сдвигу в подстилающем грунте. Чтобы пояснить это, рассмотрим напряженное состояние в точке полупространства, расположенной на определенной глубине под центром равномерно распределенной нагрузки. Напряженное состояние в этой точке можно охарактеризовать эллипсом напряжений, полуосями которого являются напряжения σ_1 и σ_3 . При этом устойчивость системы определяется степенью вытянутости эллипса в вертикальном направлении, т. е. отношением σ_1 и σ_3 . При определенном соотношении, когда разность напряжений превышает некоторую допустимую величину, наступает предельное напряженное состояние, сопровождающееся сдвигом в точке. Увеличение σ_3 и некоторое снижение σ_1 за счет армирования уменьшает вытянутость эллипса напряжений и приводит систему в более устойчивое состояние с точки зрения сдвига. Это положение подтверждается данными таблицы 1. Наибольшее снижение максимальных напряжений сдвига τ_{max} получили при армировании металлической сеткой щебеночного слоя толщиной 0,8R; τ_{max} уменьшилось на 46 %. При такой же толщине, но при армировании сеткой из базальтоволокна типа № 1 уменьшение для τ_{max} составило 34 %, а для $\tau_{a,max}$ – 61 %. Из таблицы 1 видно, что при дальнейшем увеличении толщины слоя над сеткой эффект по $\tau_{a,max}$ снижается. Для дорожной одежды со щебеночным основанием, армированной сеткой базальта № 2, эффект по $\tau_{a,max}$ при $H = 2,4R$ составляет 22 %. Однако из этого следует, что применение арматуры на глубине, превышающей диаметр штампа, нецелесообразно. Расчеты по «Инструкции» МКН 46-07 показывают, если определяющим критерием прочности при расчете дорожной одежды с зернистым основанием является сдвиг в подстилающем грунте, снижение $\tau_{a,max}$ каким-либо способом даже на 10–20 % позволяет экономить зернистый материал или использовать более слабый грунт для строительства.

Эффект по максимальным упругим прогибам был незначителен (см. рисунок 3). При армировании металлической сеткой щебеночного слоя толщиной 0,8R его уменьшение составляло всего 11 %. По-видимому, нельзя рассчитывать на существенное снижение упругих прогибов дорожной конструкции, вводя армирующую прослойку. В самом деле, если на прогиб влияет

структура конструкции по всей глубине активной зоны, так как это интегральная характеристика, то для активных сдвигающих напряжений более существенна структура конструкции на некотором горизонте от поверхности. Очевидно, что если сюда ввести арматуру, которая воспримет часть напряжений, то прочность конструкции по указанному критерию возрастает, но проявится только вблизи того горизонта, на котором арматура расположена.

Выводы. Результаты экспериментальных исследований подтвердили теоретические положения в отношении механизма влияния армирующей сетки в контактной зоне зернистого материала с подстилающим грунтом на напряженное состояние грунта. Влияние армирующей сетки главным образом проявляется в увеличении главных горизонтальных напряжений σ_3 и снижении максимальных сдвигающих τ_{\max} и максимальных активных сдвигающих напряжений $\tau_{a,\max}$ в подстилающем грунте конструкции (см. таблицу 1). Результаты экспериментов говорят о том, что эффективность армирования жестких дорожных конструкций с зернистыми основаниями следует оценивать прежде всего с точки зрения сдвигоустойчивости грунтов под армирующими сетками. Для количественной оценки эффекта армирования определяли коэффициенты эффективности армирования по формуле (5) и (8). Анализ полученных коэффициентов показывает, что величина $K_{\text{эф}}^{\Phi}$ в зависимости от параметров дорожной одежды, параметров сетки и параметров нагрузки принимает значения от 1,4 до 2,6 в исследованном диапазоне этих параметров.

Получено 01.10.2019

K. D. Salyamova, R. M. Khudaykulov, D. A. Kayumov. The stress state of pavement and experimental studies of the reinforcing mesh.

In the practice of road construction, intermediate structural layers made of crushed stone, gravel and other untreated binder granular materials are widespread, which contributes to the formation of micro-shifts in the contact zone with the soil, which under the influence of constant loads accumulate and lead to a violation of the integrity of the road surface and deterioration of transport and operational indicators of the road. One solution to this problem can serve as reinforcement of the bases of granular materials geotextile layers in the form of grids.platforms located in the intercity.

In this regard, we propose a design scheme of the mechanism of influence of the reinforcing mesh laid on the contact basis of a particular layer of pavement with the underlying soil, which allows us to experimentally establish the laws of the influence of the layer in the contact zone on the stress-strain state of the structure under conditions corresponding to the magnitude of elastic deflections in the elastic stage. The results of experiments confirmed by theoretical ideas about the effect of reinforcing mesh on the stress-strain structure under static loading are presented and empirical coefficients necessary for the calculation of reinforced structures by the proposed method are obtained. In addition, the analysis of the feasibility and effectiveness of the reinforcing layer in the road structure.

Список литературы

- 1 Тимошенко, С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер ; пер. с англ. М. И. Рейтмана ; под ред. Г. С. Шапиро. – М. : Наука, 1975. – 576 с.
- 2 Седов, В. И. Метод испытания материалов при трехмерном нестационарном напряженном состоянии применительно к условиям контактного нагружения / В. И. Седов // Контактные задачи и их приложения : доклады конференции. – М. : НИПРМАШ, 1969. – С. 327–339.
- 3 Пинягин, С. В. Контактная прочность в массивах / С. В. Пинягин. – М. : Машиностроение, 1965. – 328 с.
- 4 ИКН 68-11 Инструкция по применению георешеточных материалов при строительстве автомобильных дорог. – ГАК «Узавтоюл». – Ташкент, 2012. – 55 с.
- 5 МКН 46-2008. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа / ГАК «Узавтоюл». – Ташкент, 2007. – 132 с.
- 6 Руководство по применению прямого метода измерения давлений в сыпучих средах и грунтах / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М., 1965. – 93 с.
- 7 ГОСТ 20523-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – М. : Издательство стандартов, 1997. – 20 с.
- 8 Голли, А. В. Увеличение несущей способности основания путем изменения горизонтальных напряжений / А. В. Голли, В. Г. Шатунов, А. Ж. Жусупбеков // Фундаментостроение в условиях слабых и мерзлых грунтов : межвуз. темат. сб. трудов. – Л. : ЛИСИ, 1983. – С. 40–46.
- 9 Долматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты / Б. И. Долматов. – М. : Стройиздат, 1981. – 319 с.
- 10 Добров, Э. М. Механика грунтов / Э. М. Добров. – М. : Академия, 2008. – 272 с.

УДК 681.5

С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук, Т. В. ГРИЩЕНКО, магистр техники и технологии, О. О. ЯСИНСКАЯ, магистр техники и технологии, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА СУЩЕСТВЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СТОЛКНОВЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Уровень безопасности дорожного движения характеризуется рядом значений числовых абсолютных и относительных показателей, величины которых, как правило, изменяются в каждом отчетном году. Анализ величины изменения значений таких показателей, установлению их причин и прогнозированию значений на перспективу в литературе уделено достаточно внимания. В то же время оценка существенности таких изменений не производится.

Анализируется статистика столкновений по их видам в Гомельской области за период с 2005 по 2018 год. На основании значений критерия Хи-квадрат производится оценка существенности изменений количества столкновений в разрезе их видов за рассматриваемый период времени. На основании таких расчетов формулируются соответствующие выводы.

Большое количество научных работ по тематике безопасности дорожного движения (например, [1, 2, 4]) содержат анализ аварийности, представляющий собой графическое и словесное описание изменения показателей аварийности по годам. Такой подход к анализу изменения показателей аварийности позволяет констатировать факт их роста или снижения, но не позволяет определить наличие или отсутствие значимости таких изменений.

В данной статье для оценки существенности изменения показателей аварийности предлагается использовать критерий Хи-квадрат. В качестве исходных данных взяты сведения о дорожно-транспортных происшествиях в Гомельской области (Республика Беларусь) за период с 2005 по 2018 год в разрезе видов третьей категории ДТП (столкновение). В соответствии с действующим законодательством предусмотрено 7 видов третьей категории ДТП (столкновение) [3]:

- 1) с ударом сзади;
- 2) на пересечении дорог или повороте;
- 3) лобовое;

- 4) попутное;
- 5) со стоящим транспортным средством;
- 6) наезд на велосипедиста;
- 7) наезд на гужевой транспорт.

Критерий Хи-квадрат позволяет ответить на вопрос, влияет ли номинальный многоуровневый фактор на номинальный многоуровневый отклик. При этом номинальная шкала должна иметь не более 4–5 уровней. В противном случае может быть обнаружено влияние, которого на самом деле нет. С математической точки зрения процесс применения критерия Хи-квадрат состоит из трех основных шагов.

1 Строится таблица сопряженностей, содержащая фактические частоты.

2 Находятся ожидаемые частоты для случая «как фактор влияет на отклик».

3 С помощью известных формул проверяется близость фактических и теоретических частот.

На рисунке 1 представлены анализируемые сведения о показателях аварийности в разрезе видов третьей категории ДТП (столкновение).

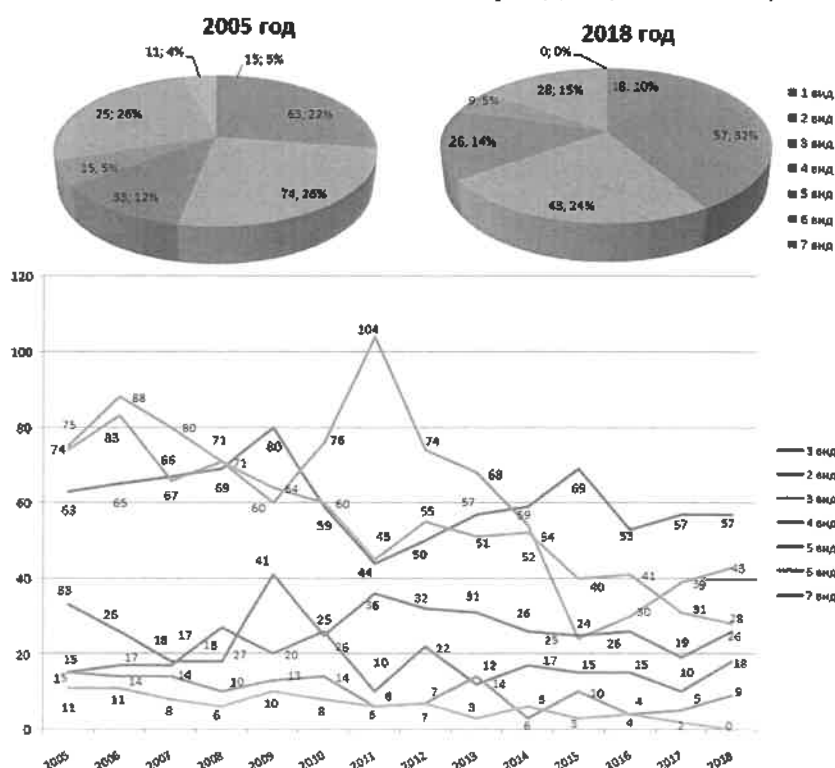


Рисунок 1 – Динамика изменения показателей аварийности в Гомельской области в разрезе видов третьей категории ДТП (столкновение)

Анализ рисунка 1 позволяет сделать выводы о заметности различий в показателях аварийности как в абсолютном, так и в относительном выражении. Существенность этих различий установим аналитической проверкой при помощи критерия Хи-квадрат.

Далее определена значимость изменения ДТП каждого вида третьей категории отдельно за весь период и за два следующих друг за другом года. Для этого все виды третьей категории ДТП были объединены в два множества. В первом множестве находятся ДТП первого вида третьей категории (столкновение). Во втором множестве – сумма ДТП всех остальных видов третьей категории. Динамика изменения ДТП первого вида видна из рисунка 1, где заметны различия в количестве ДТП третьей категории первого вида как в абсолютном, так и в относительном выражении. Существенность этих различий установим аналитической проверкой при помощи критерия Хи-квадрат. Для его расчета построены две таблицы:

Таблица 1 – Фактические частоты ДТП первого вида третьей категории за период с 2005 по 2009 год

Summary Frequency Table (Spreadsheet1) Marked cells have counts > 5 (Marginal summaries are not marked)						
Вид третьей категории	Год					Row Totals
	2005	2006	2007	2008	2009	
1	15	17	17	27	20	96
2	271	287	253	245	268	1324
All Grps	286	304	270	272	288	1420

Таблица 2 – Ожидаемые частоты ДТП первого вида третьей категории за период с 2005 по 2009 год

Summary Table: Expected Frequencies (Spreadsheet1) Marked cells have counts > 5 Pearson Chi-square: 6,13367, df = 4, p = 0,189395						
Вид третьей категории	Год					Row Totals
	2005	2006	2007	2008	2009	
1	19,3	20,6	18,3	18,4	19,5	96,0
2	266,7	283,4	251,7	253,6	268,5	1324,0
All Grps	286,0	304,0	270,0	272,0	288,0	1420,0

Таблица 3 – Оценка существенности различий количества ДТП видов третьей категории по периодам времени

Вид ДТП третьей категории	Период		
	2005–2009	2010–2014	2015–2018
1-й	Несущественно	Несущественно	Несущественно
2-й			
3-й	Существенно	Существенно	
4-й	Несущественно	Несущественно	Существенно
5-й	Существенно	Невозможность применения критерия Хи-квадрат	Несущественно
6-й	Несущественно	Несущественно	
7-й		Невозможность применения критерия Хи-квадрат	

Далее устанавливалось наличие существенных изменений в значениях ДТП каждого вида третьей категории за два следующих года.

В таблице 4 приведен пример таких расчетов для ДТП первого вида третьей категории (столкновение).

Таблица 4 – Оценка существенности различий количества ДТП первого вида третьей категории в 2005 и 2006 годах

Summary Table: Expected Frequencies (Spreadsheet4) Marked cells have counts > 5 Pearson Chi-square: 0,034661, df = 1, p = 0,852308			
Вид третьей категории	Год		Row Totals
	2005	2006	
1	15,5	16,5	32,0
2	270,5	287,5	558,0
All Grps	286,0	304,0	590,0

– таблица фактических частот ДТП первого вида третьей категории (столкновение), в которой формируются данные по годам и видам третьей категории (таблица 1);

– таблица ожидаемых частот ДТП первого вида третьей категории, которая отражает, как фактор может повлиять на отклик, и показывает уровень значимости p (таблица 2).

Из таблицы 1 видно, что частота всех значений выше пяти. Поэтому критерий Хи-квадрат может быть применен.

Из таблицы 2 видно, что $p = 0,189395$ (превышает 0,05). Это свидетельствует о несущественности изменений ДТП первого вида третьей категории за рассматриваемый период времени. Результаты расчета критерия Хи-квадрат для ДТП первого вида третьей категории по остальным временным периодам, а также для ДТП остальных видов третьей категории приведены в таблице 3.

Из таблицы 4 видно, что частота всех значений для первого вида третьей категории ДТП выше пяти. Поэтому критерий Хи-квадрат может быть применен. Также видно, что $p = 0,852308$ (превышает 0,05). Это свидетельствует о несущественности изменений ДТП первого вида второй категории в 2006 году по сравнению с 2005.

Аналогично были проведены парные расчеты по годам за период с 2005 по 2018 г. и для всех видов третьей категории ДТП. Результаты таких расчетов представлены в таблице 5.

Из таблицы 5 видно наличие следующих существенных изменений в количестве ДТП третьей категории:

- 1-го вида – в 2011 г. по сравнению с 2010 г. и в 2012 г. по сравнению с 2011 г.;
- 2-го вида – в 2015 г. по сравнению с 2014 г.;
- 3-го вида – в 2010 г. по сравнению с 2009 г., в 2011 г. по сравнению с 2010 г., в 2012 г. по сравнению с 2011 г., в 2015 г. по сравнению с 2014 г.
- 4-го вида – в 2009 г. по сравнению с 2008 г.

Таблица 5 – Оценка существенности различий количества ДТП по видам третьей категории ДТП

Период	Вид ДТП третьей категории							
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	
2005–2006	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Несущественно	
2006–2007				Существенно				
2007–2008			Существенно	Несущественно				Несущественно
2008–2009				Существенно				
2009–2010	Существенно	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Несущественно		
2010–2011								
2011–2012	Несущественно	Существенно	Несущественно	Несущественно	Невозможность применения критерия Хи-квадрат	Невозможность применения критерия Хи-квадрат		
2012–2013								
2013–2014	Несущественно	Существенно	Существенно	Несущественно	Невозможность применения критерия Хи-квадрат	Невозможность применения критерия Хи-квадрат		
2014–2015								
2015–2016								
2016–2017								
2017–2018	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Несущественно	Невозможность применения критерия Хи-квадрат	Невозможность применения критерия Хи-квадрат		

Таким образом, в данной статье при помощи критерия Хи-квадрат показаны существенные изменения некоторых видов ДТП третьей категории в Гомельской области. Это дает возможность выявить конкретные причины таких изменений и своевременно применить адекватные действия.

Список литературы

1 Анализ аварийности и причины нарушения водителями правил дорожного движения по Пензенской области [Электронный ресурс] / И. Е. Ильина [и др.]. – Режим доступа : https://elibrary.ru/download/elibrary_19009350_43417336.pdf. Дата доступа : 26.02.2019.

2 Чепикова, Т. П. Анализ аварийности и повышение безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] / Т. П. Чепикова, А. А. Поварнищын, Р. Ф. Шаихов. – Режим доступа :

https://elibrary.ru/download/elibrary_20282760_12564980.pdf. – Дата доступа : 25.02.2019.

3 О порядке государственного учета основных показателей в области дорожного движения и обеспечения его безопасности : постановление М-ва внутренних дел Респ. Беларусь от 28 мая 2003 г. № 129 (с изм. и доп.). – Минск, 2007.

4 Паршина, К. С. Снижение риска ДТП на основе анализа аварийности по месяцам года / К. С. Паршина ; науч. рук. Е. В. Печатнова // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сб. трудов Всероссийской науч.-практ. конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 23–25 ноября 2017 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2017. – С. 623–625.

5 Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

Получено 10.09.2019

S. A. Azemsha, T. U. Hryshchanka, V. A. Yasinskaya. Estimation of the significance of the change in the number of collisions on the roads of the Gomel region.

The level of road safety is characterized by a number of numerical absolute and relative indices, the values of which, as a rule, vary in each reporting year. The analysis of the magnitude of changes in the values of such indicators, the establishment of their causes and the prediction of values for the future in the literature paid enough attention. At the same time, the assessment of materiality of such changes is not made.

This article analyzes collision statistics by type in the Gomel region for the period from 2005 to 2018. Based on the values of the Chi-square criterion, an assessment is made of the significance of changes in the number of collisions in the context of their types for the period of time under consideration. Based on such calculations, appropriate conclusions are formulated.

УДК 656.13.072:629.114.001.45

И. И. ГАЛЕНА, ассистент кафедры транспортных технологий, Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

МЕТОД МАРКЕТИНГОВОГО АНАЛИЗА АВТОМОБИЛЕЙ МАЛОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

Основным направлением энерго- и ресурсосбережения в транспортной системе является комплексное совершенствование техники и технологии перевозок. Особенностью долгосрочного выбора подвижного состава (ПС) является соответствие этого выбора концепции сбережения энергии и ресурсов [1]. Современный этап развития мирового рынка автотранспортных средств (АТС) характеризуется увеличением многообразия предлагаемых видов и разновидностей конструкций, которые формируются на основе различных концепций в разных странах [2]. Ведущие автомобильные фирмы предлагают под индивидуальные заказы в каждом сегменте рынка несколько десятков разновидностей конструкций автомобилей малой грузоподъемности (АМГ). В связи с большим разнообразием модификаций и тенденцией унификации параметров конструкций автомобилей на стадии приобретения ПС возникает задача обоснования потребительских предпочтений по конструкции АТС, соответствующих технико-технологическим предпочтениям перевозчика.

Существующие методы технического [3], эксплуатационного [4] и экономического [5] анализов не учитывают изменения конструктивных параметров транспортных средств и не дают возможности проводить маркетинговые исследования при обосновании новых автомобилей для перевозок мелкопартиционных грузов. Эти методы учитывают только вид груза и размер партии, поэтому и ПС выбирается по виду кузова и грузоподъемности. Такой подход может обеспечить некоторое повышение производительности АТС и частичное уменьшение себестоимости перевозок, но при этом не гарантируется экономия энергии и ресурсов. Таким образом, вышеупомянутые методы обеспечивают организационные проекты доставки грузов при неизменной технологии, с помощью которых невозможно обеспечить проекты перевозок по концепции энергосбережения. Кроме того, наличие коммерческих тайн приводит к тому, что потребители (покупатели) АМГ не могут оценить ресурсосберегающий эффект технической новизны в проектах перевозок.

Изложение основного материала исследования. Операции движения осуществляются в сложной подсистеме «Терминал – Автомобиль – Водитель – Дорога – Транспортный поток». В этой подсистеме расходуется 95 % энергии, 100 % технического и трудового ресурсов. Теория транспортных процессов [4] учитывает только одно звено этой подсистемы – «Терминал – Автомобиль». При таких условиях невозможно анализировать потребление энергии и ресурсов.

В связи с этим в Национальном транспортном университете разработана методика маркетингового анализа показателей ПС, учитывающая эволюцию конструктивных параметров во времени. Для создания этой методики решены следующие задачи:

- анализ сегмента рынка АМГ по техническим характеристикам и потребительским качествам;
- анализ технико-эксплуатационных характеристик АМГ для заданных новационных проектов перевозок;
- моделирование работы АМГ в городском и магистральном циклах по их энергетической эффективности с учётом дорожных условий перевозок;
- разработка рекомендаций по обоснованию потребительских качеств АМГ для заданных проектов перевозок;
- подготовка исходных данных для композиционного проектирования перевозок.

Особенностями метода маркетингового анализа являются:

- 1) математическое моделирование использования АТС как технических ресурсов транспорта (учитывается не только грузоподъемность, но и сложная машина

со многими техническими параметрами и закономерностями рабочих процессов);

- 2) учёт изменения не только грузоподъемности ПС, но и других технических параметров;

- 3) математическое моделирование работы АМГ для городских и магистральных условий движения;

- 4) определение характеристик технологической эффективности АМГ в расчётном транспортном цикле.

Эта методика базируется на теории энергоресурсной эффективности автомобиля в транспортной системе. На этой основе необходимо разработать энергосберегающие технологии с учётом развития технических параметров и потребительских свойств. Поскольку новые технические и технологические решения в первую очередь влияют на преобразование энергии, при управлении развитием транспорта необходимо экономить энергию и технологические ресурсы транспорта, а не сокращать расходы. Кроме того, при решении задач модернизации транспорта необходимо учитывать влияние парадоксальности автотранспорта, которая приводит к существенному усложнению закономерностей преобразования ресурсов транспорта и нестабильности причинно-следственных связей преобразовательной схемы «Энергия – Ресурсы – Продукт – Расходы». Поэтому при обосновании новационных проектов перевозок необходимо использовать методологию теории энергоресурсной эффективности автомобиля, разработанной в трудах профессора Р. А. Хабутдинова [1]. Основными положениями этой теории являются следующие:

- 1) общий предмет функционирования транспортной системы – подсистемное обеспечение процессов преобразования ресурсов транспорта;

- 2) назначение транспортной системы – устранение геометрических разрывов в экономическом пространстве путём преобразования ресурсов транспорта;

- 3) конфигурация транспортной системы: «Вид транспорта – Инфраструктура – Интерфейс»;

- 4) эмерджентное явление транспортной системы в результате сочетания свойств активных (транспортно-технологическая единица) и пассивных (грузовые терминалы, элементы инфраструктуры) элементов – технологическое транспортирование грузов в среде интерфейса;

- 5) в процесс перевозки вовлекаются носители технологических и режимных ресурсов транспорта, которые безвозвратно теряются;

- 6) для определения энергетических коэффициентов используется теория транспортно-технологической энергологии на основе сопоставления характеристик энергоёмкости неравномерно-прерывистого движения заданного автомобиля и установившегося движения эталонного автомобиля;

7) величины энергетических коэффициентов определяются методом математического моделирования движения автомобиля в тестовых транспортных операциях (городской, магистральной и смешанный циклы);

8) для оценки эффективности работы автомобиля определяются энергоэквивалентные показатели производительности подвижного состава и себестоимости перевозок;

9) в математических моделях энергетических показателей используются расчётные схемы кинематики, динамики и энергетики неравномерно-прерывистого движения автомобиля обобщённого типа.

Таким образом, в современных условиях развития рынка автотранспортных услуг для оценки работы подвижного состава необходимо использовать другие методы и критерии, которые должны учитывать функционирование автомобиля как носителя технических ресурсов транспорта [1]. Они должны быть основаны на идее повышения транспортно-технологического качества перевозок. Для оценки этого качества используются показатели энергетической эффективности и результативности технологических воздействий [2].

Анализ технико-экономических показателей ПС необходимо проводить исходя из стратегии повышения показателя энергетической эффективности, который принято считать главным показателем потребительского качества АТС в рамках вышеупомянутой концепции. Он представляет собой отношение транспортной энергоотдачи данного АМГ в тестовой операции ρ к транспортной энергоотдаче эталонного АМГ в эталонной операции $\rho_{\text{ст}}$:

$$\Pi_{\text{ep}} = \frac{\rho}{\rho_{\text{ст}}} = \frac{K_v \gamma_{\text{ст}}}{K_e (\eta_q \gamma_{\text{ст}})} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где K_v – коэффициент скорости (отношение средней скорости АТС в тестовом цикле к скорости эталонного АТС); $\gamma_{\text{ст}}$ – коэффициент статистического использования грузоподъёмности; K_e – энергетический коэффициент пробега (отношение расхода топлива АТС в цикле к расходу топлива эталонного АТС, движущегося с постоянной эталонной скоростью); η_q – коэффициент снаряженной массы АТС.

Максимизация показателя Π_{ep} обеспечивает создание энергосберегающих технологий согласно вышеупомянутой концепции. Этот показатель необходимо учитывать в комплексе с показателем топливной эффективности Π_{epQ} , который представляет собой отношение расхода топлива данного АМГ в тестовой операции $\rho_{\text{п}}$ к расходам топлива эталонного АМГ в эталонной операции $\rho_{\text{пст}}$:

$$\Pi_{\text{epQ}} = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{пст}}}. \quad (2)$$

В результате проведенного анализа сегмента рынка АМГ обнаружено, что значительная доля продаж среди АМГ приходится на автомобили марки Renault, характеризующиеся высокой надёжностью и экономичностью, а также более низкой ценой. В связи с этим для моделирования работы автомобиля был выбран Renault Master полной массой 3,5 т. Поскольку сейчас в мире существует тенденция к уменьшению радиуса колеса (это даёт возможность увеличить объём кузова не вы-

ходя за допустимый нормативный габарит по высоте), в данной работе было исследовано влияние изменения этого конструктивного параметра на показатели энергетической эффективности. На основе полученных результатов построены графики (рисунок 1).

Анализ графиков показывает, что зависимость $\Pi_{\text{ep}} = f(r)$ имеет экстремальный характер в городском цикле (см. рисунок 1, а), принимая максимальное значение при $r = 0,35$ м. В магистральном цикле (см. рисунок 1, б) с увеличением радиуса возрастает значение показателя Π_{ep} . Начиная с $r = 0,35$ м темп роста значений Π_{ep} замедляется. График зависимости $\Pi_{\text{epQ}} = f(r)$ стремительно возрастает до значения $r = 0,35$ м как в городском, так и в магистральном циклах, в дальнейшем темп роста уменьшается. Таким образом, можно сделать вывод, что уменьшение радиуса колеса АТС негативно влияет на показатель Π_{ep} и не обеспечивает выполнение условия (1).

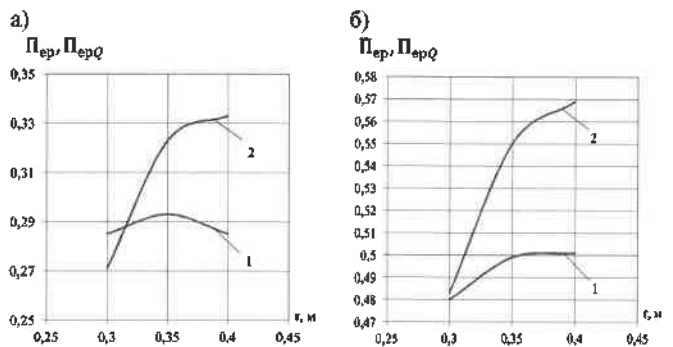


Рисунок 1 – Графики зависимости показателей энергетической эффективности автомобиля Renault Master от радиуса колеса r в городском (а) и магистральном (б) циклах: 1 – Π_{ep} , 2 – Π_{epQ}

Выводы. Предложенная методика маркетингового анализа показателей АМГ основана на моделировании функционирования АТС в городских и магистральных циклах. Анализ проводится на основе критерия энергетической эффективности АТС, который в данном случае является характеристикой концептуального потребительского качества автомобиля. При этом по результатам моделирования учитывается влияние конструктивных параметров ПС на его энергетическую эффективность.

Список литературы

- 1 Хабутдінов, Р. А. Энергоресурсна ефективність автомобіля / Р. А. Хабутдінов, О. Я. Коцюк. – Київ : УТУ, 1997. – 137 с.
- 2 Хабутдінов, Р. А. Методи моніторингу енергетичної ефективності автопоїздів / Р. А. Хабутдінов, І. В. Хмельов // Вісник Національного транспортного університету. – Київ : НТУ, 2006. – Вип. 11. – С. 6–10.
- 3 Вахламов, В. К. Подвижной состав автомобильного транспорта / В. К. Вахламов. – М. : Академия, 2003. – 480 с.
- 4 Воркут, А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – Київ : Вища шк., 1986. – 447 с.
- 5 Економіка міжнародних транспортних перевезень / М. І. Данько [та ін.]. – Харків : Олант, 2004. – 352 с.

Получено 01.11.2019

I. Halona. The method of marketing analysis of light vehicles by energy criteria.

The main direction of energy and resource saving in the transport system is the comprehensive improvement of transportation equipment and technology. A feature of the long-term choice of rolling stock is the correspondence of this choice to the concept of saving energy and resources. The current stage of development of the world market of motor vehicles is characterized by an increase in the variety of proposed types and varieties of designs, which are formed on the basis of various concepts in different countries. Leading automotive companies offer, under individual orders, in each market segment dozens of varieties of designs for light-duty vehicles.

ЛОГИСТИКА

УДК 656.062

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, доцент, А. В. САВЧЕНКО, магистр технических наук, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЛОГИСТИКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Приведены результаты исследований влияния элементов информационной логистики на эффективность использования интегральных схем перевозок грузов в условиях функционирования цифровой экономики в Республике Беларусь. Дана оценка влияния информационного потока различной интеграции от производителей товаров и услуг и логистических компаний. Определено её влияние на эффективность выполнения транспортной логистики при перевозках экспортных грузов различными исполнителями работ. Приводятся результаты исследований взаимодействия различных видов транспорта при реализации вариантов транспортной логистики на основе качественной информации различного уровня доступности.

Информационная логистика в современных условиях является неотъемлемой частью управления движением материального потока, являясь связующим звеном между элементами цепи поставок. В связи с этим качественная и своевременная информация влияет на конечную себестоимость выполнения логистических операций.

Широкое развитие логистики на современном этапе в существенной степени связано с расширением компьютеризации управления логистическими операциями по грузовым перевозкам. Определение максимальной цепи поставок в логистике трактуется как интеграция основных функциональных сфер транспортного бизнеса (логистических функций) компании и ее партнеров от начала зарождения информационного или товарного потока до поставки продукции или сервиса в соответствии с требованиями конечных потребителей. Это позволяет сделать заключение о том, что управление различными материальными потоками базируется на обработке связанной с этими потоками информации, инициирующей их и возникающей в результате их движения. При этом установленные требования к информационному обеспечению предусматривают быстрый и надёжный сбор данных, структурирование внутрипроизводственной и внешней информации и придание ей аналитического или справочного характера [2, 5, 13].

Информационная логистика предусматривает гибкое создание транспортных логистических проектов с разными потребительскими свойствами на базе перспективной модели, обеспечивающей гибкость транспортной технологии (использование высокоэффективного оборудования и технологий для ускоренного освоения рынка логистических услуг), быстрое изменение мышления участников транспортно-логистического процесса при расширении номенклатуры логистических услуг. Решение проблемных задач транспортной логистики с использованием элементов информационной логистики разделено по уровням контроля производственных процессов:

- нижний – сбор и обработка первичной информации. Создается базовая информация, которая используется на более высоких уровнях логистической системы;
- средний – контроль базовой информации по её адекватности материальным и другим потокам, используемым в логистической системе. Достигается максимальная управляемость элементами логистической системы;

– высший – объединение информационных локальных сетей автономных подсистем во всеобъемлющую сеть, которая позволяет генерировать всю имеющуюся информацию о логистических процессах, рынке логистических услуг, их производителях и потребителях [10].

Проведенные практические исследования информационной логистики показали степень влияния её уровней на качество информации, используемой для потребностей транспортной и складской логистики (рисунок 1).

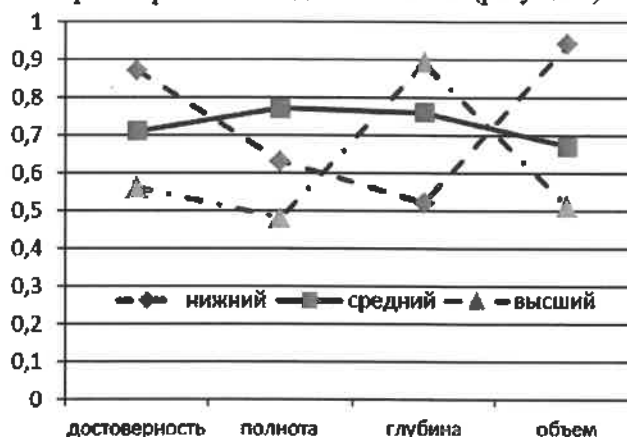


Рисунок 1 – Влияние уровней информационной логистики на качество данных

Из диаграмм, приведенных на рисунке 1, видно, что достоверность информации наибольшая на нижнем уровне информационной логистики, глубина информации – на высшем, а объем данных – на нижнем.

Основные элементы информационной логистики, которые используются в транспортной логистике, при построении информационной модели наиболее точно могут быть описаны дифференциалами высших порядков. Использование современных методов в информационной модели транспортной логистики не показали хороших результатов по всем элементам качества информации, используемой в транспортной и, особенно, складской логистике: имеются переизбыток данных, запаздывание их поступления, искажения, что в итоге делает операции транспортной логистики более дорогими для клиента.

В транспортной логистике при движущихся операциях и функционировании транспортно-логистических

хабов по грузовым перевозкам учитывается инвариантность формы дифференциала порядка выше первого, так как в расчетах используется несколько уровней управляющих и фазовых переменных транспортно-логистического процесса.

При формировании информационной базы транспортной логистики грузовых перевозок входной поток транспортно-логистической системы (p_i) является всегда зависимой переменной по ряду факторов, а описывающая процесс функция имеет происхождение от другой переменной при наличии нескольких источников информации, т. е. $(p_i, l_i) = f(p_i)$, $(p_i) = f(\omega_i)$.

С учетом инвариантности формы (p_i, l_i) в модели используется дифференциал вида $d(p_i, l_i) = f'(p_i) dp$.

Качество информационной модели, применяемой в транспортной логистике, зависит от переменной ω_i . Следовательно, при построении модели необходимо учитывать зависимость функции и дифференциала, т. е.

$$d(p_i) = j'(\omega_i) d\omega, \quad d^2(p_i) = f''(\omega_i) d\omega^2.$$

Это говорит о том, что информация, отнесенная к категории управленческой (ω_i), в транспортной логистике может играть ключевую роль при формировании входного грузопотока в транспортно-логистическую систему.

В случае, если модель информационного обеспечения транспортной логистики формируется по принципу

$$d^2(p_i, l_i) = f''(p_i) dp^2 + f'(p_i) d^2 p^2,$$

то к качеству информации возникают претензии у исполнителей транспортной логистики при интеграции такой информации на уровнях принятия решений. При этом на уровне дифференциации данных на результативность транспортной логистики оказывает влияние качество информации (рисунок 2).

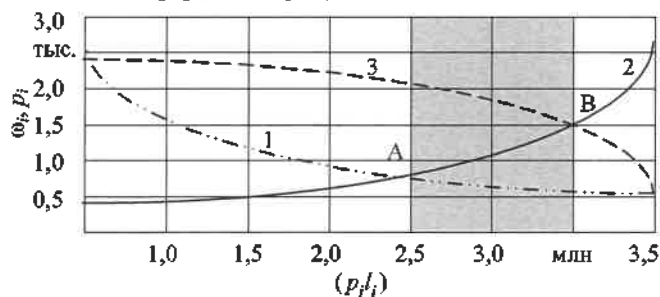


Рисунок 2 – Влияние уровня дифференциации данных на результативность транспортной логистики;

$$1 - j'(\omega_i); 2 - f'(p_i); 3 - (p_i, l_i)$$

Из приведенных на рисунке 2 диаграмм видно, что более эффективной является зона «А – В» дифференцирования по (p_i, l_i) . Это предполагает наличие развитой информационной системы в транспортной логистике.

Наличие развитой информационной логистической системы позволяет эффективно обеспечивать необходимыми данными производственные процессы в транспортно-логистической системе и разработку её стратегии. Она охватывает все уровни транспортной логистики прямыми и обратными связями и влияет на производственные процессы для обеспечения рынка транспортных услуг актуальным спросом, реализации функций транспортной логистики в оптимальные сроки по целевым заказам потребителей при стабильной поддержке конкурентоспособности.

При качественном использовании информационной логистики в транспортно-логистическом бизнесе сокращается объём формального и юридического оформления документов.

Влияние информационной логистики на обеспечение актуальной и точной информацией потребностей транспортной логистики связано с более точным местонахождением грузов и стоимостью товаров конкретного наименования в разных регионах, включенных в сферу транспортной логистики.

В условиях высокой конкуренции на рынке товаров и услуг особое внимание уделяется планированию и прогнозированию логистических операций, которые не могут быть выполнены без использования информационной логистики. В современных условиях логистическим компаниям требуется больше информации аналитического характера, которая позволяет принимать оптимальные решения при быстром изменении условий поведения участников транспортного рынка. Для этих целей используется информация об истории рынка сырья, материалов, производственных ресурсов, сбыта; о прогнозе динамики поведения рынка и его ёмкости; состоянии конкуренции и её особенностях; секторах и доле рынка, которые могут быть заняты компанией; состоянии цен, тарифов, условиях ценообразования, наличии ограничений; расходах, себестоимости, резервах её понижения; действующих моделях рынка; территориальном планировании, циклах деловых контактов; источниках запросов на переход к изготовлению нового продукта; реестре поставщиков и потребителей продукции и услуг; контроле и анализе рекламной деятельности; исполнении бухгалтерского и управленческого учета, доступе к внутренней и внешней информации.

Информационная логистическая система формируется с использованием современных информационных технологий и программных комплексов, что делает руководство работой логистическими системами успешным и эффективным. Она обладает определенной инфраструктурой, которая включает:

- систему сбора информации – сеть информационного доступа, квалифицированный персонал и источники информации;
- систему концентрации, обработки и передачи данных;
- сеть пользователей данными – вычислительная техника, пункты доступа, ограничения, фильтры пользователей (для исключения вбрасывания несанкционированной информации и несанкционированного доступа) [6].

Информационные технологии позволили начать массовое использование информационных ресурсов в производственной сфере транспортно-логистической системы. Технологические операции в логистическом процессе, предусматривающие производство, складирование, сортировку и транспортировку, нуждаются в информационном сопровождении. В транспортно-логистической системе особенно важно фиксировать и обрабатывать информацию в темпе прохождения материального или транспортного потоков. Решение возникающих при этом функциональных задач зачастую может быть осуществлено при условии применения современной техники и технологии сбора, обработки и передачи информации в режиме реального времени [4, 16].

В основе процесса управления материальными потоками транспортной логистики лежит обработка информации в сопутствующих логистических системах. Работа современной транспортно-логистической системы основывается на своевременной и точной информации. Это связано с тем, что, во-первых, информация о текущем состоянии заказов на логистические услуги, доступности товаров, графиках поставок и платежах есть неотъемлемая часть логистического сервиса; во-вторых, стремление сократить объем запасов на всей протяженности логистической цепи подразумевает, что информационный обмен заметно уменьшает потребность в запасах и позволяет оптимизировать логистические операции по всей цепи поставок; в-третьих, увеличивается гибкость принятия решений об использовании ресурсов, направляемых на выполнение логистической деятельности.

Информация обеспечивает интеграцию функционирования всех областей транспортной логистики. В связи с этим одним из ключевых понятий логистики является понятие информационного потока, который представляет совокупность циркулирующих в логистической системе (между логистической системой и внешней средой сообщений), необходимых для управления и контроля логистических операций.

При выполнении функций транспортной логистики управление информационными потоками может осуществляться через изменение направления транспортно-логистических потоков, ограничение скорости передачи информации и объема информационного потока до величины пропускной способности отдельного узла или участка.

Таким образом, в транспортно-логистической системе можно выделить подсистему, которая обеспечивает прохождение и обработку информации, отдельно выделенную информационную систему. Она позволяет объединять все варианты логистики: производственных процессов, запасов, снабжения, закупочную, распределительную, складирования, сервисного отзыва, информационную, транспортную.

Логистическая информационная система состоит из упорядоченно взаимосвязанных элементов и обладает некоторой совокупностью интегративных качеств. В свою очередь информационная система подразделяется на функциональную и обеспечивающую подсистемы. Функциональная подсистема состоит из совокупности решаемых задач, сгруппированных по признаку общности цели. Обеспечивающая подсистема включает элементы обеспечения: технического (совокупность технических средств, обеспечивающих обработку и передачу информационных потоков); информационного (включает в себя различные справочники, классификаторы, кодификаторы, средства формализованного описания данных); математического (совокупность методов решения функциональных задач).

Информационные системы в транспортной логистике подразделяются на следующие виды:

– плановые, которые предусматривают получение информации, используемой для получения прогнозного или планового характера для дальнейшего использования при управлении транспортно-логистическими процессами;

– диспетчерские (диспозитивные) создаются на уровне управления логистического терминала, движением транспортных средств на видах транспорта для отлаженной их работы. Их функциональные задачи предусматривают: отбор грузов, комплектование партий, заказов на перевозку; постановку задач по внутрискладским операциям и на транспорте, управление запасами и ресурсами;

– оперативные (исполнительные), выполняющие оперативную обработку информации, необходимой для принятия исполнительских функций подсистемами транспортной логистики [3, 11].

Системы информационной логистики должны обеспечивать всестороннюю интеграцию всех элементов управления материальными и транспортными потоками, их оперативное и надежное взаимодействие.

В связи с этим к информационно-логистическим системам предъявляются следующие требования: актуальность информации; её необходимость и достаточность; наличие стандартизованных технических интерфейсов и протоколов обмена данными; обеспечение информационной связи между участниками транспортно-логистического процесса и информационной потребности руководителей всех уровней при возможности доступа к ней партнеров в необходимых случаях; объединение существующих систем баз данных и возможность доступа к ним для партнеров; обработка или архивация данных на всех этапах их прохождения или использования; открытость архитектуры транспортно-логистической системы [8].

Информационная система логистики базируется на принципе системного подхода: должна строиться с учетом взаимоотношений с внешней средой, а затем уже внутри собственной транспортно-логистической структуры.

С этой позиции выделяют три уровня распределения информации:

- 1) рабочее место, на котором осуществляется логистическая операция с материальным потоком;
- 2) участок, цех, склад, где происходят процессы транспортировки грузов;
- 3) система транспортировки, охватывающая цепь событий, началом которых является погрузка (отгрузка), а окончанием – распределение по завершению транспортно-логистических операций.

Основу построения логистического информационного пространства составляют пять базовых принципов:

- 1) полнота и пригодность информации для ее дальнейшего использования, а также принятие оперативных решений в кратчайшие сроки;
- 2) точность и достоверность данных, которые необходимы для прогнозирования спроса и планирования потребностей в ресурсах;
- 3) своевременность, т. к. большинство задач в оперативном планировании решается в режиме реального времени;
- 4) способы получения, передачи, отображения и обработки информации должны способствовать выявлению возможностей для улучшения качества продукции, сервиса и снижения логистических затрат;
- 5) информация в системе и документооборот должны иметь наиболее удобные формы представления для персонала транспортно-логистической компании и для ее клиентов.

В информационной системе транспортной логистики выполняются следующие функции [12]:

- планирования – прогнозирование объемов, управление запасами и ресурсами транспортно-логистических подсистем;

- координации – взаимодействие подразделениями видов транспорта, логистических терминалов, отправителей и получателей грузов;

- коммуникабельности – информация о состоянии элементов транспортно-логистической инфраструктуры, возможностях перевозчиков, устройств и механизмов складской логистики, промышленной и торговой логистики;

- контроля – полный объем информации о выполнении договорных обязательств.

Современный уровень развития транспортной логистики требует постоянного улучшения и внедрения новых информационных систем. В настоящее время использование IT-технологий в транспортной логистике основывается на применении базовых решений.

Применение программной и интернет-составляющих даёт возможность использования интернет-технологий в логистике, что фактически изменило логистическую концепцию и упростило работу персонала. Это позволило избавить персонал от большого количества бумажных носителей и тем самым обеспечило принятие оптимальных решений по выполнению транспортно-логистического процесса.

Технологии бесконтактного определения уникальности товара (груза) при использовании штрих-кодов или электронных носителей сопровождения груза, что позволяет быстро и надежно получать необходимые данные. В результате производится быстрый и надежный контроль отгрузки и получения товара, кодируется отправитель, получатель, курьер, идентифицируется номер партии груза, серийные номера и информация о доставке. Маркировка может быть использована для автоматической сортировки при отправлении, автоматизации получения и усилит контроль над процессом транспортировки и хранения товара.

Использование спутниковых технологий позволяет проводить отслеживание груза, определять местоположения транспортного средства, перевозящего груз, производить контроль за их состоянием и статусом (погрузка и выгрузка в транспортное средство, ожидание на складе и т. п.). Данные задачи могут быть выполнены сотрудником транспортно-логистической компании в любое время дня и ночи быстро и эффективно через любой компьютер, при использовании лишь логина и пароля для входа в информационную сеть [15].

В качестве отдельной подсистемы информационной логистики используется система управления складом (*Warehouse Management System – WMS*), которая объединяет все автоматизированные комплексы и системы, единые направлены на контролирование складских помещений [18]. Она является неотъемлемой частью складской логистики и позволяет реализовать: визуализацию (наглядное отображение сегментов и зон склада) посредством применения мультимедийных приложений; голосовые команды оператора (*voice order*) при выполнении поиска нужного объекта хранения и его места на складе за счёт голосового или цифрового запроса; радиоидентификацию (*RFID*) по технологии

передачи информации с помощью радиоволн и специальных считывающих устройств распознавания и отображения информации по каждой единице или партии хранения; технологию штрих-кодирования, предназначенную для осуществления считывания информации о товаре на относительно коротком расстоянии; автоматизацию деятельности склада (краны, штабелеры, тележки, кары, подъёмники и т. д.).

Взаимодействие транспортной и складской логистики рассматривается по результатам анализа информационных систем поддержки принятия решений в сфере логистики предприятия. В выборку включены российские и зарубежные информационные системы логистики – *IBM, Roadnet Transportation Suite, Solutions-логистика, DNA evolutions, Первый БИТ* и другие. Проведено сравнение по обеспеченности в функционале программного обеспечения различных видов и уровней логистики, что позволяет оценить масштабность или узкопрофильность систем. Отдельно приводится сравнительный анализ программного обеспечения в сфере наиболее распространенных видов транспортной и складской логистики. Так, сравнение в транспортной логистике проводится по множеству критериев: от формирования оптимальных схем загрузки товара в транспортное средство до разбиения территории на зоны обслуживания. При этом выявлено, что отсутствуют проработанные решения для производственной (цеховой и межцеховой) логистики. Для решения задачи комплексной оптимизации технологических, логистических и организационных процессов предприятия необходим универсальный подход. В качестве основы такого подхода предлагается использовать имитационное моделирование в комплексе с эвристической и численными методами. Данное решение реализуется в разрабатываемой информационной системе [17].

В современных условиях в работе транспортно-логистических терминалов используется информационное приложение *Electronic data interchange (EDI)*, которое представляет самый современный и эффективный подход к решению проблем, возникающих в информационной логистике. Оно позволяет обмениваться логистической, коммерческой и финансовой информацией между деловыми партнёрами транспортно-логистического бизнеса в виде стандартных структурированных электронных сообщений. Достоинством использования *EDI* является то, что необходимые данные от одной компании извлекаются, форматируются, проверяются, пересылаются через платформу *Edisoft*, и во время пересылки вводится дополнительная информация, а весь информационный пакет переводится в стандартный формат, сохраняя её содержание. Принимающая сторона тут же получает сообщение в удобном и понятном виде.

К основным преимуществам использования технологии *EDI* в транспортной логистике можно отнести: исключение необходимости в использовании для передачи документов e-mail, факса, телефонной связи; на 75 % сокращается время на обработку каждого документа на всей логистической цепи; уменьшается количество ошибок в документообороте вследствие полного исключения ручного ввода данных на всей цепи; полный контроль документооборота и статусов документов (отправлен, прочитан, не прочитан), что обеспечивает контроль выполнения заказа на всех этапах транспортной

логистики; исключение возможности потери документов; снижение затрат, связанных с бумажным документооборотом: трудоёмкость, расходные материалы, оргтехника и т. д.; повышение эффективности работы цепи поставок. EDI более экономичен, чем обычный обмен бумагами, благодаря снижению расходов на печать, обработку, пересылку документов. Сокращение затрат на электронном документообороте доходит до 80 % [8].

Для потребностей транспортной логистики используются элементы информационной системы непрерывности поставок продукции и поддержки ее жизненного цикла – *continuous Acquisition and Life cycle Support (CALS)*. Она построена по концепции, объединяющей принципы и технологии информационной поддержки жизненного цикла продукции на всех его стадиях, основан на использовании интегрированной информационной среды (единого информационного пространства), обеспечивает единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции (включая государственные учреждения и ведомства), поставщиков (производителей) продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованная в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

Применение CALS-технологий в транспортной логистике позволяет существенно сократить объемы предварительных работ, так как описания многих элементов технологии транспортной логистики и работы транспортно-логистических терминалов, использованных ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю. Существенно упрощается решение проблем интеграции элементов транспортной логистики в системы и среды доставки грузов, адаптация к меняющимся условиям исполнения хранения и доставки грузов на видах транспорта, специализации транспортных организаций и т. п. [14].

Возможность применения CALS-технологии в транспортной логистике определяется следующими показателями [7]: 1) в процессах предварительных работ и инженерных расчетах (выбор технологии перевозки, видов транспорта, вариантов и видов логистики); 2) сокращение времени на 50 %, снижение затрат на изучение выполнимости транспортных проектов и оценку рисков на 15–40 %; 3) исключение ошибок при передаче данных в процессе реализации транспортной технологии, сокращение продолжительности поиска и актуализации данных на 40 %, планирования на 70 % и стоимости информации на 15–60 %; 4) сокращение производственных затрат на 15–60 % и улучшение показателей качества транспортно-логистической деятельности на 80 %; 5) сокращение продолжительности внесения изменений в транспортную документацию на 30 %, что влечёт снижение стоимости её заполнения и сопровождения на 10–50 %. В современных условиях CALS-технологии являются важнейшим инструментом повышения эффективности транспортного бизнеса, обеспечения конкурентоспособности и привлекательности продукции.

Система оперативного планирования транспортно-логистических процессов *Advanced Planning & Scheduling* предназначена для построения расписания работы

оборудования в рамках всего предприятия с учетом ресурсного его обеспечения. Полученные таким образом частные расписания производственных подразделений являются взаимосвязанными с точки зрения технологических операций, поставки ресурсов и отгрузки изделий.

Основными функциональными возможностями данной системы является: подготовка плана производства и формирования производственной программы; управление проектами, данными об изделиях, изменениями; интеграция с САПР-системами (например, *Inventor*, *SolidWorks* или *CATIA*); проектирование межцеховых маршрутов, технологических процессов, материального и трудового нормирования; оперативное планирование и перепланирование производства с учетом ограничений в ресурсах (материальных, производственных, трудовых); учет и ведение учетных единиц производства (покупных, комплектующих изделий, материалов, полуфабрикатов, производственных партий и серийных номеров выпущенной продукции); создание централизованного или территориально распределенного, структурированного, защищенного электронного архива; ведение электронного документооборота в масштабах предприятия; интеграция с учетными системами предприятия (например, 1С Предприятие и др.); получение аналитической информации и оперативных сводных показателей результативности логистики.

Преимуществами использования APS-системы является [1]: систематизация работы по подготовке проектной документации; ускорение проектирования и подготовки документации, исключение большинства ошибок на этапе проектирования; представление полной номенклатуры материалов, комплектующих, необходимых мощностей и персонала на этапе проектирования; четкое представление о потребностях в ресурсах и сроках их поставки на этапе производства; возможность оперативного перерасчета с целью включения (исключения) в существующий план производства дополнительных заказов; ведения учета расхода и движения материальных ресурсов в производстве; повышение качества производимой продукции за счет систематизации всего цикла по подготовке и планированию производства; повышение конкурентоспособности производства и снижение его себестоимости за счет снижения накладных расходов.

Таким образом, информационная логистическая система эффективно работает при следующих условиях, способствующих её глобализации: наличия единой евразийской транспортной системы, открытого информационного пространства на основе интернета, единых стандартов в электронных информационно-коммуникационных системах поддержки бизнеса на транспорте, обеспечивающих требуемую мобильность товаров и людей.

Дана актуальная характеристика регионального транспортного комплекса, определено назначение интеллектуальных транспортных систем и обоснована необходимость при региональном внедрении использования принципов массового обслуживания [11].

Заключение. Из всего вышесказанного можно заключить, что в современных условиях развитие информационных технологий в логистике играет важную роль, так как это позволяет:

– существенно снизить совокупные производственные запасы;

- оптимизировать процессы, протекающие в цепочке поставок от проектирования до сбыта;
- обеспечить фундамент для построения «электронной» цепочки поставок (сети) на основе скоординированных решений;
- повысить безопасность и производительность цепочки поставок в целом;
- снизить количество ошибок в документации и управлении.

Применение современных информационных технологий в логистике будет способствовать существенному росту конкурентоспособности продукции, а также созданию предпосылок для трансформации инфраструктуры в саморегулируемые бизнес-сообщества.

Подводя итог, следует акцентировать внимание на ряде преимуществ интеграции информационных систем в логистику:

- возрастает скорость обмена информацией;
- уменьшается количество ошибок в учете;
- уменьшается объем непроизводительной «бумажной» работы;
- совмещаются ранее разрозненные информационные блоки.

Список литературы

- 1 Автоматизированная система комплексной подготовки производства «APS-Предприятие» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.arcada.com.ua/infot/po/tech/aps_buklet. – Дата доступа : 20.07.2019.
- 2 Аленов, С. Ш. Интегрированные информационные системы в транспортной логистике / С. Ш. Аленов, А. Э. Рейтенбах, А. В. Дубейко // Формирование транспортно-логистической инфраструктуры. Приграничное сотрудничество России и Казахстана : сб. науч. тр. – Омск : СибАДИ, 2007. – С. 19–23.
- 3 Алесинская, Т. В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления : [монография] / Т. В. Алесинская. – Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 116 с.
- 4 Богомаз, И. А. Информационные технологии в логистике / И. А. Богомаз // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты. – М., 2015. – С. 77–81.
- 5 Дунаев, В. Д. Роль информационного обеспечения для процессов управления в логистике / В. Д. Дунаев // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения : сб. статей XI Междунар. науч.-практ. конференции. – М. : МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 45–47.
- 6 Зюзева, Н. С. Вопросы взаимодействия материальных и информационных потоков в логистике / Н. С. Зюзева // Новый университет. Серия Экономика и право. – Йошкар-Ола, 2011. – № 9 (9). – С. 67–69.
- 7 Концепция развития calcs-технологий в промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://calcs.ru/sites/default/files/downloads/mdocs/concept_ipi. – Дата доступа : 20.07.2019.
- 8 Коровяковский, Е. К. Единое информационное пространство – основа для объединения информационных систем в логистике / Е. К. Коровяковский, А. М. Симушков // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом : сб. науч. тр. – 2009. – С. 49–57.
- 9 Крачковский, А. П. Маркетинг и основы логистики : тексты лекций для студентов химико-технологических и инженерных специальностей: [монография] / А. П. Крачковский, С. В. Шншло. – Минск : БГТУ, 2012. – 149 с.
- 10 Логистика : информационные системы и технологии : учеб. пособие / В. И. Сергеев [и др.]. – М. : Альфа-Прогресс, 2008. – 608 с.
- 11 Медведев, В. А. Информационные «пробки» в транспортной логистике / В. А. Медведев // Информация и космос. – СПб., 2014. – № 3. – С. 105–107.
- 12 Логистика перевозок грузов и пассажиров автомобильным транспортом : учеб. пособие / А. Михальченко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 398 с.
- 13 Никитин, В. П. Логистическая информационная система. Управление информационным потоком в логистике / В. П. Никитин // Теория и практика современной науки. – 2017. – № 2 (20). – С. 435–440.
- 14 Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. / И. П. Норенков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с.
- 15 Пахолкова, А. Ю. Анализ новых информационных технологий, используемых в логистике / А. Ю. Пахолкова // Актуальные вопросы экономики и управления : материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2016 г.). – М. : Буки-Веди, 2016. – С. 170–174.
- 16 Решение для электронного обмена данными в цепочке поставок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ediweb.com/files/ru-ru/solutions/edi/edi>. – Дата доступа : 20.07.2019.
- 17 Рыжкова, Н. Г. Анализ информационных систем поддержки принятия решений в сфере логистики / Н. Г. Рыжкова, К. А. Аксёнов, А. Л. Неволлина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 4.
- 18 Чельшков, Д. А. Построение эффективной системы складской логистики компании с использованием информационной системы 1С в качестве WMS / Д. А. Чельшков // Логистика сегодня. – 2007. – № 4. – С. 232–249.

Получено 31.01.2019

A. A. Mikhalchenka, A. W. Sauchanka. Research of efficiency of integration of elements of transport and logistic system on the principles of cluster functioning.

The results of studies of the parametric assessment of the prospects of the transport and logistics system of the Republic of Belarus during the creation of logistics clusters in free economic zones are presented. An assessment is made of the impact of transport and logistics clusters on the already established transport and logistics network in the country. An assessment is given to the research of this problem of scientists from different countries and the experience of its solution. The results of studies of the interaction of transport and logistics clusters with actually existing logistics centers and sites and the unified management of distribution of transport and material flows in the interests of the country's economy are presented. The possibility of creating multimodal transport and logistics complexes, which will enhance the competitiveness of the national transport and economic systems, is being evaluated.

УДК 656.135.073

Н. А. ЛУЖАНСКАЯ, старший преподаватель, А. Я. КОЦЮК, кандидат технических наук, И. Г. ЛЕБЕДЬ, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина, И. Н. КРАВЧЕНЯ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Е. Б. ДЕМЧЕНКО, кандидат технических наук, Днепровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, г. Днепр, Украина

КЛАССИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТАМОЖЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Современный рынок международных перевозок требует всесторонней и комплексной оптимизации всех сопутствующих процессов, влияющих на стоимость и сроки доставки. Таможенно-логистическая инфраструктура включает в себя объекты, функционирование которых имеет значительное влияние на процесс выполнения внешнеэкономической операции с учетом временных и стоимостных затрат. Наибольшим спросом среди субъектов внешнеэкономической деятельности пользуются грузовые таможенные комплексы, склады временного хранения, таможенные склады, которые отличаются стоимостью предоставляемых услуг, пропускной способностью, временем и качеством обслуживания. При выборе определенного объекта инфраструктуры для сотрудничества стейкхолдеры руководствуются определенными критериями эффективности и параметрами оценки их деятельности с целью минимизации коммерческих, таможенных и транспортных рисков при организации доставки грузов в международном сообщении. Формирование практических рекомендаций с учетом рассмотренных в статье характеристик параметров, влияющих на эффективность таможенно-логистической инфраструктуры, позволит организовать рациональное планирование доставки грузов, обеспечить равномерную загрузку объектов таможенно-логистической инфраструктуры, сократив при этом сроки и стоимость доставки грузов в международном сообщении.

Транспорт – одна из базовых отраслей национальной экономики, эффективное функционирование которой является необходимым условием для обеспечения экономических интересов государства, предприятий, организаций, удовлетворения потребностей населения в качественных транспортно-логистических услугах. Развитие экономики Украины в современных условиях связано с процессами глобализации и интеграции в мировую экономику, научно-техническим прогрессом, быстрыми изменениями в технологических процессах.

Конкурентоспособность в условиях современного рынка внешней торговли, который характеризуется изменчивостью, неопределенностью, сложностью и многозначностью, связанная с новыми возможностями развития, требует быстрой адаптации и гибкого поведения логистических предприятий, их взаимодействия с таможенными органами и другими профильными организациями. Проблема развития объектов таможенно-логистической инфраструктуры в таких условиях требует изменений в системе управления на основе использования современных методов и инструментов, эффективных форм интеграции, нового взгляда на сотрудничество, учет интересов субъектов транспортного рынка [1].

Основной целью функционирования таможенно-логистической инфраструктуры Украины является качественное обслуживание субъектов внешнеэкономической деятельности при выполнении доставки грузов в международном сообщении. Данный аспект достаточно важен как для предприятий, которые зарегистрированы в качестве резидентов страны, так и для нерезидентов, которые развивают внешнеэкономические связи с иностранными бизнес-партнерами. Обеспечение широкого спектра логистических услуг, предоставленных в максимально короткие сроки по взаимовыгодной стоимости и с высоким уровнем надежности, будет способствовать развитию торговли между государствами. В свою очередь оптимизация таможенных формальностей должна

быть направлена на сокращение времени пересечения границ в пунктах пропуска, а также максимально эффективно выполнение таможенного оформления и таможенного контроля. Таможенно-логистическая инфраструктура требует согласования действий государства и частных предприятий с целью развития торговых связей [2].

Новые возможности получает таможенно-логистическая инфраструктура в связи с развитием информационных технологий, внедрением цифровых систем, новых методов управления и таким образом формирует единую систему, которая обладает следующими свойствами:

- целостность – означает, что каждый элемент системы вносит вклад в реализацию целевой функции системы – удовлетворение потребностей потребителей в качественных таможенно-логистических услугах;

- организованность – сложное свойство таможенно-логистической системы, которое заключается в наличии сотрудничества между заинтересованными предприятиями, которые взаимодействуют между собой на основе договоров и других видов партнерства;

- функциональность – проявление определенных функций таможенно-логистической системы при взаимодействии с внешней средой;

- эмерджентность – отражает наличие в любой системе особых качеств, которые не присущи отдельным ее элементам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями. Эмерджентность таможенно-логистической системы обусловлена появлением новых свойств и качеств, не присущих ее элементам, например, связанных с комплексным обслуживанием;

- устойчивость – свойство системы, которая отражает возможность сохранять равновесие под влиянием факторов внешней среды;

- адаптивность – свойство системы изменять поведение или структуру с целью сохранения, улучшения или приобретения новых качеств в условиях изменения

внешней среды. Обязательным условием возможности адаптации таможенно-логистической инфраструктуры как системы является наличие обратных связей [3].

Среди составляющих таможенно-логистической инфраструктуры можно выделить ряд объектов, которые участвуют в процессе выполнения внешнеторговой операции, определяя при этом эффективность формирования логистической цепочки. К таким объектам можно отнести грузовые таможенные комплексы, склады временного хранения, таможенные склады. Каждый из объектов характеризуется определенными критериями эффективности и параметрами оценки их деятельности, которые могут учитывать субъекты внешнеэкономической деятельности при организации доставки грузов в международном сообщении.

Так, в качестве критериев эффективности работы грузовых таможенных комплексов можно рассматривать время на выполнение таможенных процедур и проведение различных видов государственного контроля (санитарно-эпидемиологического, ветеринарного, фитосанитарного, экологического, радиологического, гемологического); предоставление комплекса услуг по размещению грузов на таможенных складах и складах временного хранения; применение современных логистических технологий при управлении грузопотоками; выполнение транспортно-экспедиторского обслуживания при перевозке внешнеторговых грузов; осуществление таможенно-брокерской деятельности, связанной с таможенным оформлением грузов на таможне и представлением интересов субъектов предпринимательской деятельности в таможенных органах; сервисное и информационное обеспечение субъектов внешнеэкономической деятельности.

Если грузовой таможенный комплекс исследовать как звено логистической цепочки, то в качестве критериев эффективности его работы можно рассматривать и затраты на доставку грузов, и уровень транспортно-логистического обслуживания, и время выполнения таможенных процедур. Кроме того, как составляющие экономического эффекта для субъектов предпринимательской деятельности при рассмотрении работы грузовых таможенных комплексов можно рассматривать сокращение времени на поиски логистических посредников; комплексное обеспечение транспортно-логистическими и таможенными услугами; приближение качества услуг к уровню мировых стандартов; сокращение времени простоя транспортных средств путем проведения таможенного оформления по принципу «единого

офиса»; применение современных технологий работы грузовых таможенных комплексов.

В то же время для руководства грузовых таможенных комплексов экономический эффект заключается в увеличении доходов за счет повышения пропускной способности грузовых таможенных комплексов и расширении спектра таможенно-логистических услуг, связанных с обслуживанием внешнеторговых грузов. При этом необходимо обратить внимание на то, что совершенствование уровня обслуживания и применение новейших технологий для переработки грузопотоков в свою очередь влияют на стоимость услуг. А значит, возникнет ряд противоречий, решение которых требует определения обобщающих критериев эффективности.

Работа грузовых таможенных комплексов характеризуется, кроме того, следующими параметрами: время комплексного обслуживания объекта перемещения; продолжительность таможенного оформления и таможенного контроля; вместимость таможенного склада; обеспечение техническими средствами таможенного контроля; количество мест для стоянки транспортных средств, прибывших на обслуживание; количество мест размещения транспортных средств в зоне таможенного контроля для наложения таможенного обеспечения и проведения углубленного досмотра; стоимость услуг грузового таможенного комплекса; наличие дополнительных услуг по комплектации грузов.

Если же рассматривать грузовой таможенный комплекс как звено логистической цепочки, то к основным его характеристикам также можно отнести функциональные возможности, уровень технического оснащения, технологическое обеспечение, месторасположение [4].

Таким образом, приходим к выводу о необходимости разработки классификации параметров оценки качества работы объектов таможенно-логистической инфраструктуры или, другими словами, параметров, влияющих на эффективность таможенно-логистической инфраструктуры. В качестве обобщающих параметров предлагается рассматривать стоимость, надежность, гибкость, комплексность, информативность, доступность. При этом каждый из предлагаемых параметров характеризуется соответствующими показателями (рисунок 1).

В таблице 1 приведены параметры качества; показатели, их характеризующие; методы их определения и источники информации.



Рисунок 1 – Параметры оценки качества работы объекта таможенно-логистической инфраструктуры

Таблица 1 – Оценка параметров качества доставки грузов в международном сообщении

№	Параметр качества	Показатель	Метод определения показателя	Источник информации
1	Стоимость	Стоимость услуг	Расчетные методы, договор	Прейскуранты, прайс-листы
2	Надежность			
2.1	Своевременность обслуживания	Длительность обслуживания, наличие очереди	Метод прогноза, экспертные методы	Статистические данные
2.2	Сохранность груза	Процент утраченных грузов		
		Процент испорченных грузов		
2.3	Уровень рисков	Вероятность кражи груза		
		Вероятность порчи груза		
2.4	Совместимость грузов	Время обслуживания		
		Типы грузов		
		Управление грузопотоками		
2.5	Репутация	Количество нарушений условий договора		
3	Гибкость системы			
3.1	При обслуживании	Наличие разных уровней обслуживания	Маркетинговые методы, договор	Прейскуранты, прайс-листы
		Готовность к изменениям условий сотрудничества		
3.2	При оплате	Кредит, скидка, рассрочка платежа		
4	Доступность			
4.1	Территориальная доступность	Затраты на доставку	Метод прогноза, экспертные методы	Статистические данные
4.2	Готовность к обслуживанию	Процент выполненных работ		
5	Информативность			
5.1	Достоверность информации	Процент погрешности	Метод прогноза, экспертные методы	Статистические данные
5.2	Оперативность предоставления информации	Время на подготовку информации		
		Частота предоставления информации		

Формирование четкого перечня параметров оценки эффективности работы объектов таможенно-логистической инфраструктуры даст возможность формировать практические рекомендации для субъектов внешне-экономической деятельности и будет способствовать рациональному планированию логистической цепочки с учетом величины показателей и методов их определения.

Список литературы

1 Лужанська, Н. О. Перспективи розвитку об'єктів транспортно-митної інфраструктури України / Н. О. Лужанська, О. Я. Кошок, Ю. О. Уласенко // Проблеми транспорту : зб. наук. праць. – Вип. 10. – Київ : НТУ, 2014. – С. 122–127.

2 Лужанская, Н. А. Разработка модели оценки динамической конкурентоспособности грузовых таможенных комплексов по региональному признаку / Н. А. Лужанская // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2018. – Вип. 16. – С. 59–64.

3 Системологія на транспорті / Е. В. Гаврилов [та ін.]; Кн. І. Основи теорії систем і управління ; під заг. ред. М. Ф. Дмитрияченка. – Київ : Виша шк., 2004. – 400 с.

4 Luzhanska, N. O. Multicriteria Assessment of the Efficiency of Transport and Customs Infrastructure Facilities / N. O. Luzhanska // Proceedings of the National Aviation University. – 2019. – No. 1 (78) – P. 70–76.

Получено 01.11.2019

N. A. Luzhanska, A. Ya. Kotsiuk, I. H. Lebid, I. N. Kravchenya, Ye. B. Demchenko. Classification of parameters affecting customs and logistics infrastructure efficiency.

Today's international transportation market requires the comprehensive and complex optimization of all accompanying processes affecting delivery costs and time. Customs and logistics infrastructure includes facilities the functioning of which has a significant impact on the process of conducting foreign economic transactions, taking into account cost and time expenditures. Freight customs complexes, temporary storage warehouses, and customs warehouses which differ in the cost of services provided, capacity, time and service quality are in the greatest demand among entities engaged in foreign trade activity. When choosing a particular infrastructure facility for cooperation, stakeholders are guided by certain performance criteria and parameters for evaluating their operation in order to minimize commercial, customs and transport risks in organizing the delivery of goods in international traffic. The formation of practical recommendations with due consideration in the article regard for the parameters affecting customs and logistics infrastructure efficiency, will make it possible to organize rational cargo delivery planning, and ensure the balanced loading of customs and logistics infrastructure facilities reducing international cargo delivery time and costs.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 539.3

А. А. ПОДДУБНЫЙ, кандидат физико-математических наук, О. А. ЕРМОЛОВИЧ, кандидат технических наук, К. В. ЕФИМЧИК, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Ж. Н. ГРОМЫКО, преподаватель, Гомельский государственный медицинский университет, Республика Беларусь

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ И ЖИДКИХ ОТХОДОВ НЕФТИ

Предлагается разработка технологии получения композиционных материалов на основе химически модифицированных полиолефинов и жидких отходов нефти с улучшенными технологическими, деформационно-прочностными характеристиками и способностью к ингибированию коррозионных процессов.

Введение. В настоящее время большинство предприятий нашей республики в результате своей деятельности производит огромное количество отходов различного состава. На рисунке 1 приведены некоторые отходы, составляющие большую часть вторсырья, использование которых является важной задачей любой компании.



Рисунок 1 – Основные виды отходов промышленного и бытового назначения, образующиеся на территории Республики Беларусь:

а – пластиковые бутылки; *б* – пластиковая тара; *в* – б/у автомобильные шины; *г* – отходы древесины; *д* – проливы нефтепродуктов

Мощный комплекс химических и нефтехимических заводов, расположенных на территории Республики Беларусь, также производит немалое количество отходов, являющихся ценным сырьем, а их складирование оказывает негативное влияние на окружающую среду.

Предметом наших исследований были выбраны отходы нефтеперерабатывающих предприятий, образующиеся при добыче, переработке и применении нефти. Количество таких отходов постоянно увеличивается в связи с возрастающими объемами производства, которые диктуются рынком потребления. Основными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, системы перекачки и

транспортирования, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный, речной и морской транспорт, автозаправочные комплексы и станции.

Обоснование научного исследования. Обострение глобальных проблем экологии, энерго- и ресурсосбережения выдвинуло в круг приоритетных задач материаловедения разработку новых и усовершенствованных методов утилизации отходов нефтепродуктов. Однако решить такую задачу сложно и технически, и технологически, потому что такие отходы – это многокомпонентные устойчивые, агрегативные физико-химические системы, горючие, неоднородные по составу, содержащие в качестве примесей глину, песок, воду, частицы металлов, органические и неорганические вещества и др. [1]. По результатам многих исследований в отходах нефтепродуктов соотношение компонентов, воды и механических примесей (частицы песка, глины, ржавчины и т. д.) колеблется в очень широких пределах: углеводороды составляют 5–90 %, вода – 1–52 %, твердые примеси – 0,8–65 %. Как следствие столь значительного изменения состава отходов нефтепродуктов – диапазон изменения их физико-химических характеристик тоже очень широк. Плотность отходов нефтепродуктов колеблется в пределах 830–1700 кг/м³, температура застывания от –3 до +80 °С.

Условно отходы нефтепродуктов можно разделить на несколько категорий:

- 1) жидкие, образующиеся при добыче, бурении, транспортировке, хранении нефти;
- 2) концентрированные твердого типа, например, образующиеся в результате проливов, аварий и смешения с почвогрунтом.

В настоящее время утилизация отходов нефтепродуктов производится по нескольким направлениям. В случае содержания отходов нефтепродуктов около 30 %, с теплотой сгорания 13–21 МДж/кг (3000–5000 ккал/кг), соизмеримой с теплотой для антрацита и каменного угля, применяют их сжигание. Возможным является применение пиролиза, в результате чего получают до 10 % газообразных продуктов (большая часть их может быть утилизирована в качестве топлива), до 30 % нефтяного конденсата (который может быть переработан в нефтепродукты или использован как топливо) и около 50 % порошкообразного продукта, уже не содержащего нефтепродукты. Наиболее распространенным

видом утилизации отходов нефтепродуктов является их сжигание в специальных печах. Выделяющаяся при сгорании тепловая энергия используется по назначению, а зола не содержит вредных компонентов. Перспективными являются биотехнологические методы, основанные на ферментативной обработке углеводородов, входящих в состав нефтепродуктов. Рассматриваемые методы основаны на разделении веществ на компоненты, которые характеризуются многоэтапностью процесса, необходимостью обеспечения дорогостоящим оборудованием, и при этом сопровождающиеся образованием дополнительных побочных продуктов, требующих последующей утилизации.

Мы предлагаем технологию использования жидких отходов нефтепродуктов без дополнительной переработки, в качестве наполнителя полимерных материалов с широким спектром их применения.

Использование нефтесодержащих добавок в качестве наполнителей полимерных материалов может стать эффективным решением ряда экологических и социальных проблем, а также позволит частично снизить применение дорогостоящих методов утилизации.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служили пленочные и блочные образцы, на основе смеси ПЭНД марки 277-03 (ГОСТ 16338). В качестве модификаторов полимерной матрицы использовали жидкие отходы нефти, образующиеся при добыче, содержание которых в опытных образцах составляло от 5 до 50 мас. %. Опытные образцы изготавливали в лабораторных условиях путем смешения порошкообразного ПЭНД и отходов жидкой нефти, отобранной из скважины № 70 Осташковичского месторождения. Пленочные образцы в лабораторных условиях готовили методом горячего прессования порошкообразных композиций на гидравлическом прессе ПГПР с электрообогреваемыми плитами при температуре 150 ± 5 °С и давлении 5 МПа. Цилиндрические образцы изготавливали путем экструзионного смешения механической смеси компонентов в одношнековом экструдере с последующей грануляцией полученного композита. В дальнейшем композиционный гранулят разогревали при температуре 170 ± 5 °С с последующим заполнением форм в виде цилиндров диаметром 7 мм и высотой 40–50 мм. В таблице 1 представлены пленочные и блочные образцы, сформированные на основе смеси ПЭНД с содержанием жидких отходов нефти от 20 до 50 мас. %.

Физико-механические характеристики разработанных пленочных композиционных образцов оценивали в соответствии с ГОСТ 14236 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение». Испытания проводили на разрывной машине Instron (США) в соответствии с ГОСТ 14235, при скорости нагружения 50 мм/с. Рассчитывали среднее арифметическое значение определяемого параметра по результатам пяти повторных измерений.

Анализ физико-механических характеристик разработанных композиционных материалов на основе полиэтилена низкого давления (ПЭНД), наполненного жидкими отходами нефти, показал значительное снижение разрушающего напряжения при растяжении исследуемых материалов, которое наблюдается в области содержания нефти более 20–25 мас. %, что свидетельствует о

целесообразности создания таких материалов с концентрациями до 15–20 мас. % [2].

Отмечается экстремальная зависимость эластичности пленочных образцов, содержащих 15 мас. %, что вероятно, обусловлено гомогенизацией смеси «полимер – нефть» в связи с равномерным распределением молекул нефти между макромолекулами ПЭНД, снижением межмолекулярного взаимодействия цепей полимера и, как следствие, увеличением относительной деформации.

Таблица 1 – Внешний вид образцов на основе смеси ПЭНД и жидких отходов нефти разного состава

Полученные образцы	Состав
	ПЭНД – отходы нефти (20–25 %)
	ПЭНД – отходы нефти (50 %)
	Фрагмент пленочного образца состава ПЭНД – отходы нефти (50 %)

Оптико-микроскопические исследования пленочных материалов свидетельствуют о том, что при содержании нефти от 20–50 мас. % структура опытных образцов приобретает слоистый характер. На рисунке 2 показана плотная, но очень тонкая поверхностная пленка, покрывающая срединную пористую часть образца, легко отделяемая от следующего слоя.

Пористый характер опытных образцов под отслоенной поверхностной пленкой хорошо заметен на рисунке 3.



Рисунок 2 – Слоистая структура образца с содержанием нефти 20 мас. %



Рисунок 3 – Пористая поверхность образца с содержанием нефти 20 мас. % под отслоенной поверхностной пленкой

В середине снимка (см. рисунок 3) видна тень от края отслоенной поверхностной пленки. Слева от нее пористая поверхность образца. Поверхностная пленка гладкая и сплошная. По-видимому, ее образование обу-

словлено выдавливанием нефти из поверхностного слоя образцов за счет применяемого давления при формовании образцов методом прессования.

Результаты изучения структуры исследуемых материалов методом атомно-силовой микроскопии приведены на рисунке 4. Анализ морфологии поверхности пленочных и цилиндрических образцов, содержащих небольшое количество жидких отходов нефти 5–10 мас. % (рисунк 4, а), характеризуется наличием сравнительно крупных структурных элементов, которые можно связать с дефектами формообразующих пластин. По мере увеличения содержания пластификатора, в составе образцов начинает проявляться 20–40 мас. % (рисунк 4, б, в) и, наконец, окончательно формируется (50 мас. % (рисунк 4, г) сеть более мелких структурных образований, что можно объяснить формированием полимерного каркаса и системы взаимосвязанных пор, заполненных пластификатором.

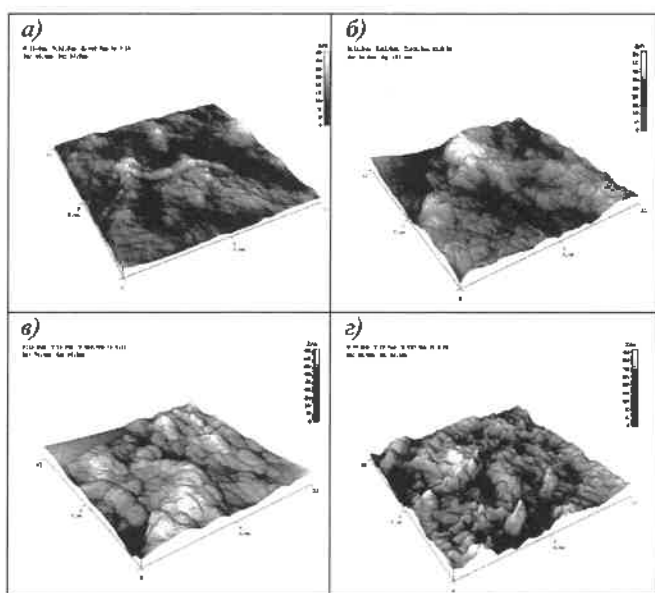


Рисунок 4 – Структура пленочных образцов на основе ПЭНД с содержанием жидких отходов нефти, мас. %:
а – 10; б – 20; в – 30; г – 50

Эти данные коррелируют с результатами исследования физико-механических свойств полимерных материалов, содержащих жидкие отходы нефти, свидетельствуя об интенсификации процессов самопроизвольного отделения фаз (синерезиса), в случае введения в полимерную матрицу жидких отходов нефти более 20 мас. %. При увеличении содержания жидких отходов нефти до 50 мас. % наблюдается снижение прочностных и диффузионных свойств образцов, обусловленное формированием дефектного полимерного каркаса с большим количеством пор, благоприятствующих выведению жидкой фазы на поверхность образцов.

Так как в состав нефти входит огромное количество веществ, большая часть из которых – жидкие углеводороды (примерно 80–90 % по массе) и гетероатомные органические соединения (4–5 %), преимущественно сернистые, азотистые, кислородные и т. д., мы предположили, что компоненты нефти в составе разработанных материалов могут придавать новым материалам специфические свойства, например, выступать в качестве ингибитора коррозии.

С этой целью была проведена оценка антикоррозионной эффективности разработанных материалов по отношению к металлоизделиям – металлическим образцам (пластинам) размером 50×50×0,5 мм (сталь 3 – листовая прокат, одна поверхность полированная). Консервация металлических пластин проводилась путем изоляции каждого образца в отдельную упаковку из разработанного пленочного материала размером 60×60 мм с последующим термосклеиванием краев. Для создания имитационных условий, близких к естественным, был сделан искусственный дефект в центре упаковки.

Ускоренные коррозионные испытания пленочных разработанных образцов проводили в центральной заводской лаборатории Государственного предприятия «ГЗЛиН» в соответствии с требованиями ГОСТ 9.905 «Методы коррозионных испытаний» на основании определения показателей коррозии (изменение массы и площади поражения) в соответствии с ГОСТ 9.908 «Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости».

Коррозионные испытания разработанных блочных образцов проводили в камере циклической коррозии Q-FOGCST 600 компании Q-Lab (США) по ГОСТ 9.707 «Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение». Исследования антикоррозионной эффективности блочных образцов по отношению к металлоизделиям проводили следующим образом: металлические пластины помещали в емкости, заполненные цилиндрами, которые изготовлены методом литья.

Полученные результаты свидетельствуют о достаточной коррозионной эффективности разработанных пленочных и блочных композиционных материалов, что подтверждается фиксацией незначительных следов коррозии на образцах, упакованных в разработанный пленочный материал по сравнению с контрольным образцом без упаковки. Ингибирующая эффективность разработанных материалов обусловлена формированием на поверхности металлических образцов адсорбированной защитной пленки, препятствующей проникновению молекул кислорода к поверхности металлоизделий. В настоящее время нами проводятся лабораторные испытания по разработке аналогичных материалов на основе смесей вторичных и первичных полиолефинов, модифицированных отходами нефтепереработки, которые также могут эффективно использоваться в качестве основы для создания подобных материалов [3].

Область применения композиционных материалов на основе полиолефинов и жидких отходов нефти. Разработанные материалы конкурентоспособны и могут быть использованы как конструкционные, гидроизоляционные [4] и антикоррозионные материалы.

В зависимости от процентного соотношения компонентов возможно изготовление широкого спектра материалов с заданными свойствами. Для усиления ингибирующего эффекта разработанных материалов при использовании в экстремальных условиях рекомендовано 1–3 мас. %.

С помощью метода литья под давлением возможно формирование изделия разнообразных конфигураций, обладающих различной массой, заданными свойствами, цветом и толщиной стенок, изготовление как единичных

изделий, так и крупных партий. Например, рекомендовано применение разработанных составов для формования:

1) листовых материалов, применяемых для изготовления перегородок (арматуры) в ящиках с оружием и боеприпасами;

2) цилиндрических вкладышей, используемых в качестве наполнителей стволов оружия большого калибра;

3) стружки для наполнения в ящиках при хранении металлоизделий, которая выступает в качестве компенсирующего материала, обеспечивающего смягчение ударов при транспортировке и погрузочных операциях;

4) упаковочного материала для хранения и транспортировки металлоизделий из различных металлов и сплавов;

5) наполнителя при производстве тротуарных дорожек, плит и т. д.;

6) конструктивных элементов сборно-разборных нежилых зданий (сооружений), учебно-полевых центров, макетов техники.

В таблице 2 представлены спроектированные конструкции из предлагаемого нового материала, которые необходимы в каждой отрасли строительства.

Таблица 2 – Унифицированные элементы конструкций

Конструкции		Применение
		Быстровозводимые здания и сооружения
		Дорожные маты. Строительство временных дорог колейного типа, строительных площадок

Получено 11.11.2019

A. A. Poddubny, O. A. Yermalovich, K. V. Yefimchuk, Zh. N. Hromyko. Functional composite materials based on polyolefins and liquid oil waste.

It is proposed to develop a technology for producing composite materials based on chemically modified polyolefins and liquid oil wastes with improved technological, deformation-strength characteristics and the ability to inhibit corrosion processes.

Окончание таблицы 2

Конструкции	Применение
	Ограждение территорий

Вывод. Разработанные материалы на основе ПЭНД и жидких отходов нефти сочетают в себе удовлетворительные физико-механические характеристики, обладают высокой антикоррозионной эффективностью, отвечают требованиям, предъявляемым к таким материалам, и могут быть рекомендованы к промышленному производству.

Кроме того, использование данных материалов, в зависимости от процентного соотношения компонентов, позволяет эффективно применять их в виде жидких, эластичных и твердых материалов.

Одновременно с изготовлением данных материалов выполняются требования главы государства по эффективной переработке вторичного сырья.

Список литературы

1 Рахимов, Б. Б. Источники образования нефтесодержащих отходов / Б. Б. Рахимов, М. Н. Цуканов // Молодой ученый. – 2014. – № 21. – С. 222–224.

2 Громыко, Ж. Н. Физико-механические характеристики материала на основе полиэтилена, модифицированного природными углеводородами / Ж. Н. Громыко, А. С. Неверов, О. А. Ермолович // Полимерные материалы и технологии. – 2019. – № 1. – С. 79–87.

3 Разработка композиционных материалов на основе смесей полиолефинов и отходов нефтепереработки / Ж. Н. Громыко [и др.] // ПОЛИКОМТРИБ–2019 : тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2019. – С. 101.

4 Громыко, Ж. Н. Гидроизоляционные свойства полиэтиленовых пленок, модифицированных нефтью / Ж. Н. Громыко, А. С. Неверов, О. А. Ермолович // Полимерные материалы и технологии. – 2018. – № 1. – С. 62–66.

УДК 624.01/04.001.18

А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Приведены результаты исследований поврежденности различных типов железобетонных элементов (ЖБЭ) для разных эксплуатационных условий. Для возможности укрупненной оценки развития коррозионных повреждений ЖБЭ предложены регрессионные зависимости изменения во времени коррозионных повреждений в бетоне и (или) стальной арматуре для различных типов ЖБЭ, эксплуатирующихся в разных атмосферных средах.

Введение. Железобетон во всем мире признан одним из самых экономичных, экологически чистых, надежных и долговечных строительных материалов. В настоящее время объем производства бетона и железобетона в мировом строительном комплексе по разным оценкам колеблется от 2 до 3 млрд м³ в год. В индустриально развитых странах на одного жителя затрачивается в год до 2 м³ бетона и железобетона [1]. Таким образом, основную долю строительных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в настоящее время, составляют железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК) различных типов.

Массовость применения бетона и железобетона, многолетние сроки службы, условия эксплуатации от нормальных до сильноагрессивных, качество эксплуатации обуславливают значительную повреждаемость ЖБЭ (ЖБК).

Основная часть. Повреждения ЖБЭ и ЖБК, их причины и последствия изучались многочисленными авторами [2–13 и др.]. В своих работах авторы, по результатам собственных исследований и исследований других ученых, систематизировали наиболее характерные повреждения ЖБЭ и ЖБК, выполнили анализ их влияния на техническое состояние ЖБЭ и ЖБК. Так, классификация повреждений ЖБЭ (ЖБК) по результатам анализа авторов [10] приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Количественное соотношение между повреждениями ЖБЭ и ЖБК

Повреждение	Процент от общего количества
Коррозия стальной арматуры под воздействием хлоридов (внутренних и внешних)	37,8
Коррозия арматуры вследствие карбонизации бетона	16,7
Размораживание бетона	11,1
Химические воздействия	3,60
Внутренняя коррозия бетона	8,90
Усадочные деформации	13,9
Абразия/эрозия	3,30
Кавитационные повреждения	1,10
Пластическое растрескивание	0,900
Термическое растрескивание	2,70

Приведенные данные показывают, что более чем в 50 % описанных случаев повреждения бетона были связаны с коррозией бетона и стальной арматуры.

Подавляющее большинство ЖБЭ и ЖБК эксплуатируются в различных атмосферных средах. Воздух –

многокомпонентная газовая смесь. Уже в данной среде могут происходить процессы коррозии бетона и стальной арматуры посредством их контакта с CO₂, O₂, H₂O [9]. Развитие мегаполисов и техническая революция, сопровождающиеся интенсивным развитием энергетики, металлургии, химической промышленности, всех видов транспорта, машиностроения, привели к значительному изменению состава воздушной среды (повышению её агрессивности), что в свою очередь вызвало ускорение процессов деградации бетона, коррозии стальной арматуры и, как следствие, снижению сроков эксплуатации конструкций из бетона и железобетона.

Большинство строительных конструкций эксплуатируется в условиях жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных зданий либо в условиях открытой атмосферы. Агрессивность атмосферной среды для ЖБЭ и ЖБК определяется следующими основными эксплуатационными условиями.

1 Открытая атмосфера: концентрация CO₂ – 0,03–1,20 % (по исследованиям автора); относительная влажность – до 100 %; периодический переход температуры через 0 °С; периодическое увлажнение атмосферными осадками различной степени интенсивности.

Продолжительность периода, сут, с температурой воздуха выше 0 °С в Республике Беларусь составляет 230–263, с температурой ≥5 °С – 185–208, ≥10 °С – 140–160 и ≥15 °С – 77–108. Все они увеличиваются с северо-востока на юго-запад. Преобладание влажного атлантического воздуха обусловило повышенную влажность воздуха в течение года. В осенне-зимний период она составляет 80–90 %, весной и летом понижается до 50–60 %. Высокая влажность воздуха является причиной частых туманов. Среднее количество суток с туманами составляет 35–60 на равнинах и 80–100 на возвышенностях. Более 70 % годовой суммы суток с туманами приходится на холодное полугодие (октябрь – март) [14].

Месячные суммы осадков имеют четко выраженный годовой ход с минимумом в феврале-марте и максимумом в летние месяцы. Около 70 % годовой суммы осадков приходится на теплый период года (с апреля по октябрь). Общее количество суток с осадками (0,1 мм и более) – 160–190, значительные осадки (1 мм и более) – 100–120, (5 мм и более) – 30–40, (10 мм и более) – 12–16. Около 70–80 % осадков дает дождь, 9–16 % – снег, остальные – смешанные [14].

2 Сельскохозяйственные здания: концентрация CO₂ – 0,1–1,0 %; относительная влажность – до 100 %; положительная температура в помещениях в течение всего года; наличие зон с повышенным содержанием CO₂ и

влажности длительные промежутки времени с учетом специфики вентиляции; постоянное длительное воздействие CO_2 и влажности в зимний период.

Большое влияние на газовый состав воздушной среды животноводческих помещений оказывает выдыхаемый животными воздух. Содержание в нем углекислого газа в 100 и более раз превышает содержание в атмосферном воздухе, а кислорода – меньше на 25 %. По данным [16], в коровниках относительная влажность (W) – 80–99 %, скорость движения воздуха (v) – 0,09–0,5 м/с, содержание CO_2 – 0,31–0,50 %, аммиака – 0,002–0,015 мг/л. В свинарниках в зависимости от периода года показатели микроклимата колеблются в следующих пределах: весной – W – 65,0–68,0 %, v – 0,16–0,19 м/с, CO_2 – 0,30–0,36 %, аммиака – 5,5–6,0 мг/м³; летом – W – 57,0–60,0 %, v – 0,30–0,44 м/с, CO_2 – 0,25–0,27 %, аммиака – 4,0–5,0 мг/м³; осенью – W – 66,0–72,0 %, v – 0,11–0,16 м/с, CO_2 – 0,16–0,18 %, аммиака – 4,0–5,0 мг/м³; зимой – W – 70,5–71,9 %, v – 0,18–0,24 м/с, CO_2 – 0,34–0,39 %, аммиака – 7,2–8,4 мг/м³ [16]. Обычно в животноводческих зданиях относительная влажность колеблется от 50 до 90 %. Причем она выше у пола, чем у потолка. В условиях Беларуси [17] в некоторых зданиях относительная влажность часто поднимается выше 90 %, а нередко и до 100 %.

3 Общественные здания и промышленные – с неагрессивной эксплуатационной средой: концентрация CO_2 – 0,03–0,12 %; относительная влажность – до 100 %; положительная температура в помещениях в течение всего года.

Газовый состав эксплуатационной среды незначительно отличается от условий открытой атмосферы.

В большей части помещений значения относительной влажности невысоки и изменяются в незначительных пределах. Существенное различие относительной влажности и влажности элементов и конструкций в по-

мещениях (их участках) связаны с эксплуатационными условиями (ванные, кухни в жилых домах, зоны влияния пропарочных камер в цехах и т. д.) или с повреждениями кровель (протечки).

На базе результатов многолетних обследований зданий различного назначения, с вскрытием бетона защитного слоя ЖБЭ, оценкой состояния бетона и стальной арматуры, выполненных НИЛ «Строительные конструкции, основания и фундаменты» имени д. т. н., профессора И. А. Кудрявцева, была выполнена оценка поврежденности основных типов ЖБЭ, эксплуатирующихся длительные сроки в разных атмосферных условиях.

Поврежденность ЖБЭ определяли по результатам обследования различных типов зданий Гомельской области Республики Беларусь.

Анализ поврежденности выполняли для основных типов ЖБЭ: колонн, полурам, балок покрытия, стропильных ферм, плит покрытия (перекрытия), стеновых панелей для каждого вида условий эксплуатации: сельскохозяйственных зданий (коровники), промышленных (цеха с неагрессивной средой), открытой атмосферы (недостроенные здания каркасного типа).

Оценивали поврежденность ЖБЭ для десяти зданий каждого типа эксплуатационных условий. Выявленные по результатам детального обследования дефекты и повреждения всех ЖБЭ были классифицированы и сгруппированы.

Для каждого типа ЖБЭ определяли количество видов повреждений и от общего количества – доли каждого вида повреждений. Затем, для дальнейшего анализа выделили повреждения ЖБЭ, вызванные коррозией бетона и (или) стальной арматуры.

Полученные результаты для всех типов ЖБЭ и различных условий эксплуатации представлены, соответственно, в таблицах 2–4.

Таблица 2 – Доля коррозионных повреждений в бетоне и (или) стальной арматуре ЖБЭ, эксплуатировавшихся в условиях сельскохозяйственных зданий

Конструктивные элементы	Срок эксплуатации, лет									
	10	12	15	18	20	24	27	30	33	36
	Коррозионные повреждения, %									
Колонны (стоечная часть полурам)	25,5	26,2	25,9	25,8	27,6	30,3	31,4	39,2	37,2	40,8
Балки (балочная часть полурам)	7,55	17,0	21,5	20,1	31,2	35,1	38,1	61,2	54,0	62,4
Стеновые панели	38,0	44,5	41,9	45,9	55,4	55,8	61,1	54,4	63,8	69,4
Плиты покрытия	59,7	59,6	66,2	73,5	69,7	77,2	78,8	85,8	82,8	87,2

Таблица 3 – Доля коррозионных повреждений в бетоне и (или) стальной арматуре ЖБЭ, эксплуатировавшихся в условиях общественных зданий и промышленных – с неагрессивной эксплуатационной средой

Конструктивные элементы	Срок эксплуатации, лет									
	6	10	12	16	19	23	25	28	33	37
	Коррозионные повреждения, %									
Колонны	12,8	21,5	25,7	22,2	30,0	28,3	39,2	37,3	42,3	50,5
Стропильные фермы	12,1	15,2	25,8	22,0	33,3	34,7	30,9	46,9	45,6	50,1
Стеновые панели	10,7	18,9	15,6	23,1	25,0	22,5	30,8	35,3	33,9	37,6
Плиты покрытия	8,80	17,2	13,4	29,2	28,7	28,5	40,9	35,5	47,9	57,2

Таблица 4 – Доля коррозионных повреждений в бетоне и (или) стальной арматуре ЖБЭ, эксплуатировавшихся в условиях открытой атмосферы

Конструктивные элементы	Срок эксплуатации, лет									
	5	8	10	12	15	18	20	21	23	25
	Коррозионные повреждения, %									
Колонны	18,1	16,5	29,9	25,5	31,1	47,8	44,3	33,8	43,9	56,7
Стропильные фермы	21,1	34,9	34,8	34,5	44,2	50,3	48,5	54,4	65,1	62,8
Стеновые панели	13,8	22,1	26,5	21,8	31,7	30,4	42,5	38,2	39,9	48,6
Плиты покрытия	30,2	38,5	31,2	37,7	59,4	41,0	52,3	62,7	60,7	62,8

Список литературы

На основе проведенного анализа были получены регрессионные зависимости изменения во времени коррозионных повреждений в бетоне и (или) стальной арматуре для различных типов ЖБЭ, эксплуатирующихся в разных атмосферных средах.

Полученные регрессионные зависимости носят линейный характер.

В общем виде они описываются следующим выражением:

$$П = \alpha_0 + \alpha_1 t,$$

где $П$ – коррозионные повреждения бетона и (или) стальной арматуры, %; α_0 и α_1 – коэффициенты; t – прогнозный период, лет.

В таблице 5 представлены полученные аналитические путем коэффициенты α_0 и α_1 для различных эксплуатационных условий.

Таблица 5 – Значения коэффициентов α_0 и α_1

Конструктивный элемент	С/Х		А		ОПЗ	
	α_0	α_1	α_0	α_1	α_0	α_1
Колонны	17,0	0,620	7,33	1,75	8,60	1,07
Стропильные балки (фермы)	11,7	2,07	13,8	1,99	5,80	1,24
Стеновые панели	28,9	1,07	7,68	1,52	7,83	0,840
Плиты покрытия	49,5	1,09	21,0	1,70	0,345	1,45

Примечание – С/Х; ОПЗ; А – условия, соответственно, сельскохозяйственных зданий, открытой атмосферы; общественных зданий и промышленных – с неагрессивной эксплуатационной средой.

Проверка значимости полученных регрессионных зависимостей для различных типов ЖБЭ показала, что предлагаемые модели адекватны, поскольку параметр P -Value $\ll 0,05$ – уровня значимости, принятого в инженерной практике.

Предложенные зависимости могут быть использованы для укрупненного прогнозирования поврежденности различных типов ЖБЭ и ЖБК, эксплуатирующихся в различных атмосферных средах, как на стадии проектирования, так и при их общем и детальном обследовании.

Заключение. 1 Анализ поврежденности ЖБЭ, эксплуатирующихся в различные сроки, показал, что за длительный период эксплуатации коррозионным повреждениям бетона и стальной арматуры различной степени опасности подвержены все элементы для любых эксплуатационных сред.

2 Основной причиной возникновения и развития повреждений ЖБЭ является коррозия бетона и (или) стальной арматуры. По результатам исследований, их доля в длительно эксплуатируемых ЖБЭ составляет до 90 %.

3 Полученные зависимости могут быть использованы для укрупненного прогнозирования поврежденности ЖБЭ, эксплуатирующихся в различных эксплуатационных условиях, как на стадии проектирования, так и при реконструкции, по результатам общего (детального) обследования.

Получено 14.01.2019

A. A. Vasilyev. Prediction of corrosion damage of reinforced concrete elements for different operating conditions.

Results of researches of damage of various types of reinforced concrete elements (RCE) for different serviceable conditions are given. For a possibility of the integrated assessment of development of corrosion damages of RCE regression dependences of time history of corrosion damages to concrete and (or) steel fittings for the RCE various types which are operated in different atmospheric environments are offered.

1 Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России; НИИЖБ. – М.: Готика, 2001. – 684 с.

2 Добромыслов, А. Н. Анализ аварий промышленных зданий и инженерных сооружений / А. Н. Добромыслов // Промышленное строительство. – 1990. – № 9. – С. 9–10.

3 Шкинев, А. Н. Аварии на строительных объектах, их причины и способы предупреждения / А. Н. Шкинев. – М.: Стройиздат, 1986. – 375 с.

4 ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР. Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций. Вып. 5 / под ред. А. А. Шишкина. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.

5 Устинов, В. П. Анализ причин аварий современных конструкций / В. П. Устинов, Б. В. Устинов // Будівництво: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2000. – Вып. 8. – С. 173–176.

6 Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования: учеб. пособие для студентов строительных специальностей / под ред. проф. Т. М. Пецольда и проф. В. В. Тура. – Брест: БГТУ, 2003. – 380 с.

7 Васильев, А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций: [монография] / А. А. Васильев. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 263 с.

8 Васильев, А. А. Дефекты и повреждения элементов и конструкций зданий и сооружений: практ. пособие: в 2 ч. / А. А. Васильев. – Гомель: БелГУТ, 2011. – Ч. 1. – 303 с.; Ч. 2. – 231 с.

9 Долговечность железобетона в агрессивных средах / С. Н. Алексеев [и др.] // Совм. изд. СССР – ЧССР – ФРГ. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.

10 Textbook on behavior, design and performance, Structural Concrete: December 2009. – Bulletin 53. – Second edition. – Fid. 3. – 2010. – Vol. 3. – 381 p.

11 Гроздов, В. Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия / В. Т. Гроздов. – СПб.: Общероссийский общественный фонд «Центр качества строительства», 2001. – 148 с.

12 Бондаренко, В. М. Износ, повреждения и безопасность железобетонных сооружений / В. М. Бондаренко, А. В. Боровских. – М.: ИД Русанова, 2000. – 144 с.

13 Оценка и прогнозирование коррозионной поврежденности железобетонных элементов и конструкций для различных эксплуатационных условий / А. А. Васильев [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте: материалы IX Международ. науч.-практ. конф. – Гомель: БелГУТ, 2019. – С. 19–21.

14 Климат в Беларуси [Электронный ресурс] // Справочник агротуризма в Беларуси – AgroTour.biz. – Режим доступа: <https://agrotour.biz/main/9-klimat-v-belarusi.html/>. – Дата доступа: 30.03.2019.

15 Плященко, С. И. Микроклимат и продуктивность животных / С. И. Плященко, И. И. Хохлова. – Л.: Колос (Ленингр. отд-ние), 1976. – 208 с.

16 Юрков, В. М. Микроклимат животноводческих ферм и комплексов / В. М. Юрков. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 223 с.

17 Кескюлла, Т. Э. Коррозионное разрушение железобетонных конструкций животноводческих зданий / Т. Э. Кескюлла, Я. А. Мильян, В. И. Новгородский // Бетон и железобетон. – 1980. – № 9. – С. 43–45.

ПУТЬ И ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 656.025.2

П. В. КОВТУН, кандидат технических наук, Т. А. ДУБРОВСКАЯ, старший преподаватель, Н. Ю. ГУБЕНСКИЙ, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИН ПЕРЕХОДНЫХ КРИВЫХ ПРИ ВВЕДЕНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С НАКЛОНОМ КУЗОВА НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Проблема повышения скоростей движения поездов на железной дороге является важной задачей, стоящей перед Белорусской железной дорогой. Одним из направлений повышения скоростей является применение подвижного состава с наклоном кузова. Применение подвижного состава с наклоном кузова типа Talgo позволяет увеличить скорость прохождения криволинейных участков на 8–12 % при составных кривых и малых радиусах и около 20 % – при одиночных кривых, однако влечет за собой изменение некоторых параметров плана линий. В частности, в статье анализируется, как изменятся длины переходных кривых при использовании подвижного состава с наклоном кузова.

Переходные кривые необходимы для обеспечения динамически плавного перехода подвижного состава из прямого участка пути в кривые или из кривой одного радиуса (возвышения) в кривую другого радиуса (возвышения).

В пределах переходных кривых устраиваются совмещенный отвод кривизны, возвышения наружного рельса и уширения колес.

Переходные кривые в плане представляют собой кривую переменного радиуса, уменьшающегося от ∞ (бесконечно большого) до радиуса круговой кривой с уменьшением кривизны пропорционально изменению длины. Кривая, обладающая таким свойством, представляет собой радиоидальную спираль (клотоиду), уравнение которой выражается в виде ряда

$$y = \frac{x^3}{6C} \left(1 + \frac{2x^4}{35C^2} + \frac{293x^8}{237000C^4} + \dots \right), \quad (1)$$

где C – параметр переходной кривой ($C = lR$); l – длина дуги.

Такие переходные кривые могут использоваться и на линиях с высокими скоростями движения пассажирских поездов.

Экипаж при входе в переходную кривую начинает направляться наружной рельсовой нитью в средней части переходной кривой, где кривизна становится более 1/650...1/750 м. «Эффективная длина» переходной кривой намного меньше ее фактической длины.

Уровень комфорта пассажиров при движении поезда в переходных кривых можно оценить исходя из трех факторов: поперечного ускорения, скорости изменения ускорения и скорости поворота тела вокруг продольной оси вагона. Величина некомпенсированного поперечного ускорения в переходных кривых больше, чем в круговых, и мало зависит от применения технологии наклона кузова вагона. Но скорость изменения ускорения в таком случае выше, поскольку выше и скорость движения поезда.

Известно, что увеличение угла наклона кузова вагона уменьшает величину поперечного ускорения при движении в кривых, но скорость поворота тела при этом возрастает. Насколько она увеличится, зависит от продолжительности нахождения вагона на переходной кривой.

Для усредненного случая прохождения переходной кривой за 3 секунды уровень комфорта стоящих пассажиров в вагонах с наклонными кузовами существенно снижается, и поэтому повышение скорости движения поезда из таких вагонов по сравнению с поездом из обычных вагонов при условии сохранения того же уровня комфорта ограничено на 25 %. Если переходные кривые короче и поезд проходит их, к примеру, за 2 секунды, возможность повышения скорости поезда из вагонов с наклоняемыми кузовами еще более проблематично [1].

В противоположность явлениям, возникающим при движении поезда в переходных кривых, которые можно рассматривать для каждой кривой в отдельности, головокружение имеет кумулятивный характер и обостряется в зависимости от индивидуальных показателей здоровья пассажиров, хотя полное представление об этих зависимостях окончательно не сформировано. Ясно только, что эффект головокружения накапливается и углубляется при большом числе следующих друг за другом кривых малого радиуса с короткими переходными кривыми. В связи с этим необходимо уточнить долю поперечного ускорения, подлежащую компенсации, и ввести в систему управления механизмом наклона кузова вагона алгоритм оптимизации угла наклона в каждой кривой.

Длины переходных кривых при существующем состоянии железнодорожных линий не всегда соответствуют требованиям исследований и требованиям свода Правил. При применении подвижного состава с наклоном кузова ($3,5^\circ$), который позволяет увеличить скорость движения на направлениях с большим количеством кривых без их переустройства, теоретически можно повысить скорость в кривых с малыми возвышениями наружного рельса на величину более 25 %. Но, с другой стороны, необходимо снижать скорость движения из-за превышения непогашенного ускорения кузова и скорости его изменения при преодолении переходной кривой. Этот факт может привести к тому, что система принудительного наклона не в полной мере себя оправдывает и увеличение скорости прохождения кривых может оказаться менее 20 %.

Одним из путей решения данной проблемы является переустройство пути, которое будет заключаться в

установлении необходимой длины переходной кривой до уровня, при котором время ее прохождения будет не меньше времени, складывающегося из времени на обнаружение начала кривого участка пути (времени нарастания непогашенного ускорения кузова вагона до порогового значения) и времени срабатывания механизма наклона (приведения кузова в наклонное положение).

Длина переходной кривой, необходимая для приведения кузова в наклонное положение, зависит не только от возвышения наружного рельса в круговой кривой (по стандартным методикам расчета), но и от порогового значения непогашенного ускорения и угла наклона кузова вагона (от постоянных величин для механизма наклона), а также радиуса круговой кривой и принятого допустимого значения непогашенного ускорения.

В профиле переходная кривая в обычных условиях представляет собой наклонную линию с однообразным уклоном $i = h / l_{\text{пер}}$.

На дорогах Германии, Франции, Японии и других стран используется криволинейный отвод возвышения наружной нити, преимущество которого – в наибольшей мере проявляется при высокоскоростном движении поездов.

Длины переходных кривых для подвижного состава с наклоном кузова частично регламентируются в [2]. При длине прямых вставок 25 м и менее, а также при их отсутствии:

а) при наличии переходных кривых и прямой вставки (для обратных кривых и кривых одного направления): $[a_{\text{нм}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$; $[\psi] = 0,3 \text{ м/с}^3$;

б) при наличии переходных кривых и отсутствии прямой вставки:

– для обратных кривых: $[a_{\text{нм}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$; $[\psi] = 0,6 \text{ м/с}^3$;

– для кривых одного направления: $[a_{\text{нм}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$; $[\psi] = 0,3 \text{ м/с}^3$;

в) при отсутствии переходных кривых и наличии или отсутствии прямой вставки: $[a_{\text{нм}}] = 0,4 \text{ м/с}^2$; $[\psi] = 0,3 \text{ м/с}^3$.

Приведенные нормативы $[a_{\text{нм}}]$ и $[\psi]$ относятся ко всем типам подвижного состава, включая скоростной и высокоскоростной подвижной состав, в том числе электропоезда «Talgo» и «Ласточка». При этом электропоезд «Talgo» должен эксплуатироваться по таким сопряжениям кривых в режиме без наклона кузова.

Для скоростных электропоездов с наклоном кузова («Talgo») при длине прямых вставок более 25 м и в несопряженных кривых:

– при наличии переходных кривых и прямых вставок длиной 26–50 м: $[a_{\text{нм}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$; $[\psi] = 0,6 \text{ м/с}^3$. В этом случае электропоезд «Talgo» должен эксплуатироваться в режиме без наклона кузова;

– при наличии переходных кривых и прямых вставок длиной более 50 м: $[a_{\text{нм}}] = 1,5 \text{ м/с}^2$; $[\psi] = 0,9 \text{ м/с}^3$. В этом случае электропоезд «Talgo» может эксплуатироваться в режиме с наклоном кузова;

– при отсутствии переходных кривых независимо от длины прямой вставки: $[a_{\text{нм}}] = 0,4 \text{ м/с}^2$; $[\psi] = 0,3 \text{ м/с}^3$. В этом случае электропоезд «Talgo» должен эксплуатироваться в режиме без наклона кузова.

Длины переходных кривых принимаются исходя из следующих условий:

1) обеспечение безопасности от схода колеса с рельсов при отводе возвышения;

2) отсутствие у пассажиров неприятных ощущений при входе и следовании по переходной кривой.

Предотвращение схода колес с рельсов внутренней нити при заклиненном вписывании экипажа и прямолинейном отводе возвышения гарантируется [3] соотношением

$$k_{\text{min}} > iL_{\text{max}},$$

где k_{min} – наименьший свес гребня колеса; L_{max} – наибольшая длина жесткой базы; i – уклон отвода возвышения.

При $k_{\text{min}} = 30 \text{ мм}$ и $L_{\text{max}} = 4,6 \text{ м}$ критический уклон равен 0,0065. Обычно принимается $i = i_1 \leq 1 \text{ ‰}$. При заданном h_0 длина переходной кривой

$$l_{\text{пер}} = h_0 / i_1.$$

По второму ограничению исследованиями установлены [3] следующие критерии выбора длины переходных кривых:

$$\max\left(\frac{dh}{dt}\right) \leq f \text{ и } \max\left(\frac{da_{\text{н}}}{dt}\right) \leq \psi, \quad (2)$$

где $a_{\text{н}}$ – горизонтальное непогашенное ускорение, м/с^2 ; ψ – допустимое значение приращения непогашенных горизонтальных ускорений; f – допустимое значение скорости подъема колеса по наружному рельсу.

Из условий (2) следует

$$l_{\text{пер}} \geq \frac{h_0 v_{\text{max}}}{f} \text{ и } l_{\text{пер}} \geq \frac{a_{\text{н}}}{\psi}. \quad (3)$$

Значения ψ в зарубежной практике принимаются от 0,3 до 1,0 м/с^3 .

При изменении скорости от 100 до 250 км/ч f возрастает до 50 мм/с. При $v_{\text{max}} = 200 \text{ км/ч}$ расчетное значение f принимается равным 42 мм/с.

Для вагонов с наклоном кузова длина переходных кривых исходя из отсутствия у пассажиров неприятных ощущений при входе и следовании по переходной кривой (3) определяется с учетом дополнительного угла наклона:

$$l_{\text{пер}} \geq \frac{(h_0 + S \sin \alpha) v_{\text{max}}}{f} \text{ и } l_{\text{пер}} \geq \frac{a_{\text{н}}}{\psi}. \quad (4)$$

Если за возвышение принимать величину $h = 50, 100$ и 150 мм, при $f = 42 \text{ мм/с}$, $S = 1600 \text{ мм}$, $\alpha = 0 \dots 3,5^\circ$, то из формулы (4) можно определить максимальную длину переходной кривой, м, с учетом использования подвижного состава с наклоном кузова (таблица 1). На рисунке 1 показан график зависимости длины переходной кривой от скорости при различном угле наклона подвижного состава.

Анализ результатов расчета длины переходной кривой при использовании обычного подвижного состава и подвижного состава с наклоном кузова показывает, что ее длину рационально увеличивать (примерно в 2–3 раза) для сохранения уровня комфортабельности езды пассажиров при движении поезда в переходных кривых.

Таблица 1 – Длина переходной кривой для вагонов с наклоном кузова, м

Скорость, км/ч	Возвышение наружного рельса h , мм					
	50		100		150	
	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 3,5^\circ$	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 3,5^\circ$	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 3,5^\circ$
80	26	78	53	105	79	131
100	33	98	60	131	99	164
120	40	117	79	157	119	197
140	46	137	93	183	139	230
160	53	157	106	210	159	262
180	60	176	119	236	179	295
200	66	196	132	262	198	328

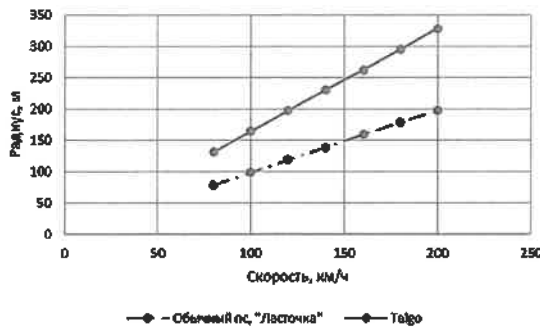


Рисунок 1 – Зависимость длины переходной кривой от скорости при различном угле наклона подвижного состава ($h = 150$ мм)

Список литературы

1 Кантор, И. И. Высокоскоростные железнодорожные магистрали: трасса, подвижной состав, магнитный подвес / И. И. Кантор. – М. : Маршрут, 2004. – 51 с.

Получено 25.09.2019

P. V. Kovtun, T. A. Dubrovskaya, N. Yu. Gubenskij. Analysis of change of transition curve lengths at the introduction of a mobile composition with an inclined body on existing railways.

The problem of increasing train speeds on the railway is an important task facing the Belarusian Railway. One of the directions for increasing speeds is the use of rolling stock with a tilt of the body. The use of rolling stock with a tilt of the Talgo type body allows increasing the speed of passing curved sections by 8–12 % for composite curves and small radii and about 20 % for single curves, but entails a change in some parameters of the line plan. In particular, the article analyzes how to change the lengths of transition curves when using rolling stock with a tilt of the body.

2 Шахуняц, Г. М. Железнодорожный путь : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Г. М. Шахуняц. – М. : Транспорт, 1969. – 536 с.

3 Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. – для вузов / И. В. Турбин [и др.] ; под ред. И. В. Турбина. – М. : Транспорт, 1989. – 479 с.

4 Карпущенко, Н. И. Возвышение наружного рельса и допускаемые скорости движения поездов в кривых [Текст] / Н. И. Карпущенко // Проблемы повышения скоростей движения поездов на Транссибирской магистрали : сб. науч. тр. – Новосибирск, 1999. – С. 7–15.

5 Курган, Н. Б. Определение объемов работ для снятия ограничений скорости, связанных с планом линии / Н. Б. Курган, Н. П. Хмелевская, С. Ю. Байдак // Сб. науч. тр. Дальневосточного гос. ун-та путей сообщения / под ред. В. С. Шварцфельда. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2014. – Вып. 2. – С. 52–62.

6 Смелянский, И. В. Совершенствование нормативов непогашенного ускорения и его приращения для современного подвижного состава при скоростном движении : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.06 / И. В. Смелянский ; Моск. ин-т инж. ж.-д. трансп., 2008. – 208 с.

7 О внесении дополнения в приказ от 02.07.2013 № 231Н. БелЖД от 03.03.2018 № 206НЗ.

8 Об установлении допускаемых скоростей движения поездов на Белорусской железной дороге : приказ Белорусской железной дороги от 02 июля 2013 г. № 231Н. – Минск, 2013.

9 СТП 09150.56.010–2005. Текущее содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ. Стандарт организации. – Введ. 2006.07.01. – Минск, 2006. – 284 с.

10 Поезда с наклоняемыми кузовами для скоростного пассажирского движения / В. И. Омеляненко [и др.] // Локомотивинформ. – Харьков : Техностандарт. – 2008. – № 5. – С. 12–17.

11 Ерицяц, Б. Х. Критерии и ограничения для определения угла наклона кузова скоростного электроподвижного состава / Б. Х. Ерицяц // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. – № 2. – С. 52–60.

УДК 629.4.015:004.94

Д. М. МАРЧЕНКО, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ТЕЛЕЖКИ 18-100 ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ

Проанализирована возможность применения резинометаллических амортизаторов в качестве буксового подвешивания для снижения динамической нагрузки при прохождении рельсового стыка грузовой тележкой 18-100. Предложен альтернативный вариант конструкции кассеты из тарельчатых пружин, выполнено его сравнение с резиновым амортизатором. Для оценки эффективности снижения ударных нагрузок в буксовых подшипниках тележки проведено динамическое моделирование прохождения стыка полувагоном на стандартных и доработанных тележках при разной степени загрузки и различных скоростях движения.

В настоящее время продолжается активное внедрение бесстыкового железнодорожного пути. Его применение благоприятно сказывается на ходовых качествах транспортных средств. По состоянию на 01.01.2019 протяженность главных путей Белорусской железной дороги составляет 7011,1 км, из которых 4723,3 км являются бесстыковыми [1]. Таким образом, протяженность звеньев пути составляет 2287,8 км, или 32,6 % главных путей, а это значит, что при длине звена 25 м главные пути содержат минимум 91512 стыков. Несмотря на укладку плетей длиной от 3 до 10 км и даже протяженностью 20 км на Минской дистанции пути [2], наиболее широко распространённым всё ещё является бесстыковый путь с длиной плети всего 550–800 м, который перемежается 2–4 уравнительными пролётами [3, с. 9]. Это увеличивает число стыков ещё на 5–8 штук на 1 км такого пути. Кроме обычных стыков на железной дороге для отделения рельсовых цепей используются изолирующие стыки. Следовательно, прохождение стыков железнодорожным составом ещё долгое время будет оставаться актуальной проблемой. Суть её заключается в повышенных циклических динамических нагрузках, повреждающих балластный слой, рельсы и непосредственно необрессоренные элементы ходовых частей подвижного состава.

Наибольшее воздействие на стыки оказывают грузовые вагоны, поскольку они имеют максимальную осевую нагрузку до 245 кН и у них отсутствует буксовое рессорное подвешивание, а следовательно, наибольшая неподдресоренная масса. Для снижения вертикальных динамических нагрузок зачастую рассматривается вариант с применением упругих резинометаллических элементов для связи боковых рам с буксами колёсных пар. Так, в работе [4] отмечается, что использованные в конструкциях тележек 18-1711, 18-9750 и 18-9800 амортизаторы из чередующихся стальных и резиновых пластин существенно уменьшают коэффициенты вертикальной динамики и снижают рамные силы. Однако вместе с этим в статье выделяются недостатки, связанные с усложнением монтажа и демонтажа букс, отжатием колёсных пар при торможении и существенным повышением жёсткости эластомера при отрицательных температурах. Кроме этого, Л. А. Шадур [5, с. 161–167] отмечает изменение физических свойств резины с течением времени, существенное различие модуля упругости резиновых амортизаторов при статических и динамических нагрузках, а также постоянство объема резины при деформациях. Последний факт обуславливает

малый ход широких и плоских резинометаллических элементов.

Внедрение резинометаллических амортизаторов может быть целесообразно при проектировании новых ходовых частей грузового подвижного состава, но их применение для модернизации существующих тележек 18-100 связано с конструктивными трудностями, в частности, малым расстоянием от оси вращения колёсной пары до верхней части буксового проёма. Рассмотрим плоский прямоугольный амортизатор, состоящий из двух стальных пластин толщиной 4 мм и резиновой плиты, длиной 250 мм и шириной 120 мм. Максимальная толщина резиновой плиты при фрезеровке верхней части буксы на 18 мм с сохранением положения центра буксы относительно боковой рамы составляет 15 мм. Учитывая это, а также постоянство объема резины, построены твердотельные 3D-модели трёх плит, каждая из которых имеет объём 450 см³, но отличается формой кромки. После этого созданы модели еще четырёх плит, сохранивших объём, но имеющих уменьшенную толщину и выпуклые кромки, пропорциональные исходным вогнутым кромкам. На рисунке 1 представлены сечения кромок полученных моделей, из которого в случае прямой кромки (рисунок 1, а) при соотношении длины хорды к высоте сегмента 1/4 максимальная деформация составляет 0,87 мм, а при соотношении 1/3 – 1,3 мм. В случае вогнутой кромки (рисунок 1, б, в) – 1,67 и 2,19 мм соответственно.

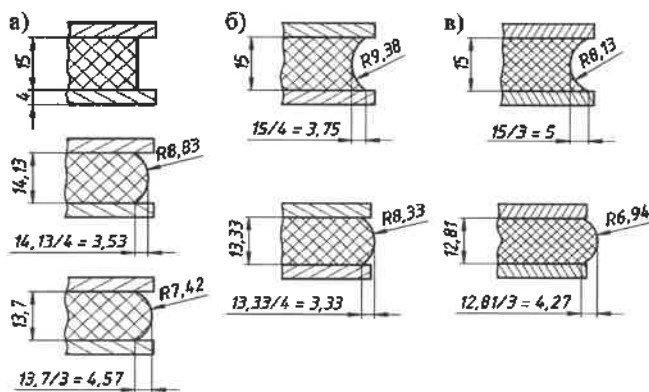


Рисунок 1 – Сечения кромок, не нагруженных и нагруженных резинометаллических амортизаторов:
а – прямая кромка; б – вогнутая кромка 1/4; в – вогнутая кромка 1/3

Расчёт деформации и коэффициента жёсткости выбранного амортизатора под воздействием статической и динамической нагрузок полувагона с осевой нагрузкой

230 кН выполнен по методике, предложенной в источнике [5]. В результате расчётный статический прогиб $f = 1,49$ мм, что наиболее соответствует резинометаллическому амортизатору, представленному на рисунке 1, б). Отсюда получаем коэффициенты соответственно статической и динамической жёсткости, $c_{ст} = 72,6$ МН/м, $c_{дин} = 94,4$ МН/м.

Полученные показатели вполне сопоставимы с коэффициентом жёсткости железнодорожного пути на бетонных шпалах, которая составляет 80–150 МН/м [6, с. 58] и по меньшей мере в 32 раза превышают жёсткость центрального рессорного подвешивания тележки 18-100. Внедрение рассмотренной модернизации позволит снизить вибрацию и незначительно улучшить ходовые качества тележки, однако из-за повышенной динамической жёсткости резины и увеличении жёсткости при отрицательных температурах добиться значительного снижения динамических нагрузок при прохождении стыков не представляется возможным.

Более перспективным вариантом внедрения в существующие грузовые тележки упругой связи буксы с боковой рамой является кассета тарельчатых пружин. Они имеют больший ход по сравнению с резиновыми амортизаторами тех же размеров, а их характеристики мало зависят от условий окружающей среды.

Конструктивно опорная поверхность кассеты тарельчатых пружин ограничена размерами челюсти и опорной плоскости корпуса буксы. Она составляет 260 мм длины и 130 мм ширины, соответственно наружный диаметр тарельчатой пружины не должен превышать 130 мм, а суммарная высота с учётом указанной выше фрезеровки буксы – 20 мм. При таких геометрических размерах целесообразно собрать кассету, состоящую из двух пакетов тарельчатых пружин.

Для подбора тарельчатых пружин найдены статическая $P_c = 54,1$ кН и динамическая $P_d = 72,4$ кН нагрузки, действующие на один пакет тарельчатых пружин, при скорости движения 25 м/с. Также стоит отметить, что для наиболее продолжительной циклической работы тарельчатых пружин, в соответствии с ГОСТ 3057-90 [7], их деформация должна оставаться в пределах 0,2–0,6 от максимальной деформации и в редких случаях перегрузок не должна превышать 0,8. При соблюдении этих условий пружины способны выдерживать до 2 млн циклов нагружения. В результате выбраны две тарельчатые пружины с параллельными кромками по наружному и внутреннему диаметру и опорными плоскостями, которые будут работать в паре. Это «Пружина тарельчатая I-1-2-125×71×7×2,9 хим. окс. прм. ГОСТ 3057-90» и «Пружина тарельчатая I-1-2-63×35,5×3,5×1,5 хим. окс. прм. ГОСТ 3057-90», силы которых при деформации 0,6 от максимальной деформации соответственно равны 60980 и 16160 Н, что составляет 77,14 кН и превышает $P_d = 72,4$ кН. На рисунке 2 приведен график зависимости жёсткости кассеты из двух пакетов тарельчатых пружин от деформации и его аппроксимация для дальнейшего использования при динамическом моделировании.

Таким образом, жёсткость кассеты тарельчатых пружин вдвое меньше жёсткости рассмотренного выше резинометаллического амортизатора и не возрастает при динамических нагрузках, возникающих при прохождении стыка или иных ударных воздействиях. Рабочий ход кассеты превышает деформацию амортизатора

и достигает 3,6 мм, а в исключительных случаях может быть 4,8 мм без последствий для пружин. Резиновый амортизатор обладает демпфированием за счёт нагрева при сжатии и диссипации тепла, а тарельчатые пружины демпфируют за счёт трения опорных плоскостей о сопрягаемые детали. Для дополнительного демпфирования и центрирования буксы предлагается использовать скобы из рессор 55×5,5 (ГОСТ 7419-90).

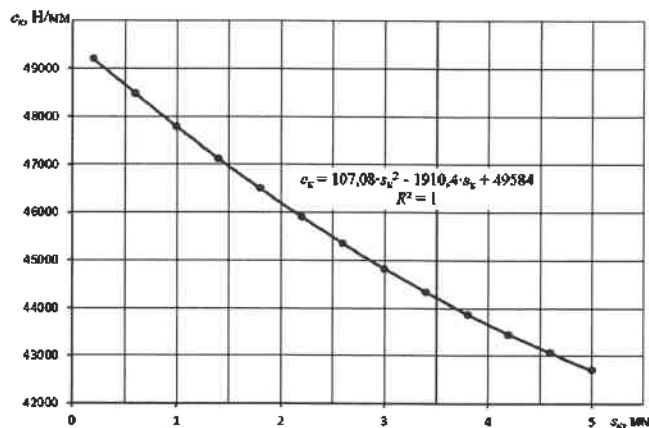


Рисунок 2 – Зависимость от деформации коэффициента жёсткости кассеты тарельчатых пружин

Посредством динамического компьютерного моделирования в пакете MSC.ADAMS с учетом результатов работ [8, 9] выполнена оценка эффективности применения предложенной доработки буксового узла. Для этого сравнивались силы, возникающие в подшипниках букс стандартной тележки 18-100 и доработанной при прохождении ими стыка рельсов шириной 20 мм. В компьютерной модели (рисунок 3) рассматриваются полувагоны модели 12-132 с массой груза 69,5, 46 и 23 тонны и порожний полувагон, движущиеся со скоростями 5, 10, 15, 20, 25 и 30 м/с. Особенностью модели является применение отдельного подпружиненного рельса массой 220 кг для каждого колеса вагона. Это позволило имитировать железнодорожный путь как гибкий стержень на упругом основании, с жёсткостью 100 МН/м и с демпфированием 100 кН·с/м.

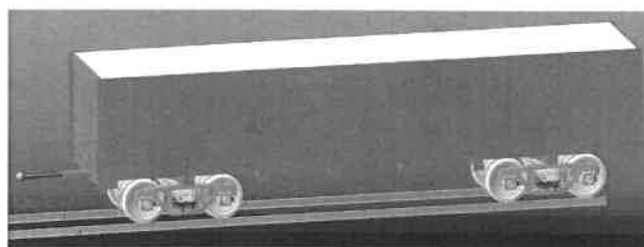


Рисунок 3 – Модель полувагона модели 12-132 на тележках 18-100 в среде пакета MSC.ADAMS

Движение модели всегда начинается с заданной скоростью из положения равновесия, без раскачки. Рельсы также не имеют неровностей, поэтому динамические силы не оказывали никакого влияния на силы удара при прохождении стыка и статическую нагрузку можно принять в качестве номинальной. Пример полученных результатов в виде графика силы для подшипников одной буксы представлен на рисунке 4. На рисунке 5 представлена зависимость силы, возникающей в подшипниках букс при прохождении стыка, от скорости.

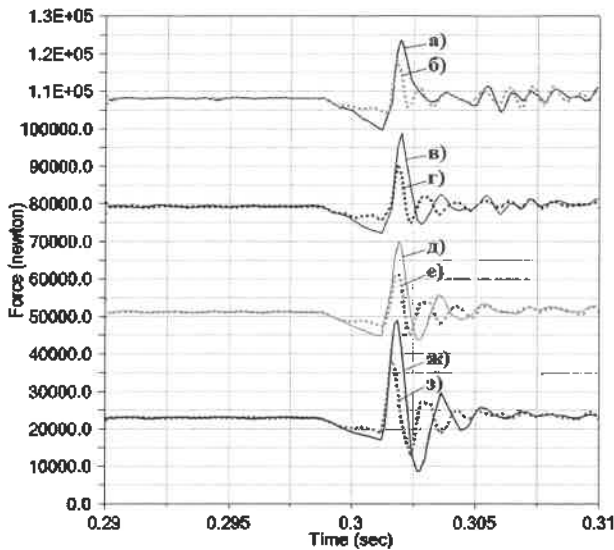


Рисунок 4 – Силы в подшипниках буксы при прохождении стыка на скорости 5 м/с для разной загрузки вагона: масса груза 69,5 т: стандартная (а) и доработанная (б) тележки; масса груза 46 т: стандартная (в) и доработанная (г) тележки; масса груза 23 т: стандартная (д) и доработанная (е) тележки; порожний вагон: стандартная (ж) и доработанная (з) тележки

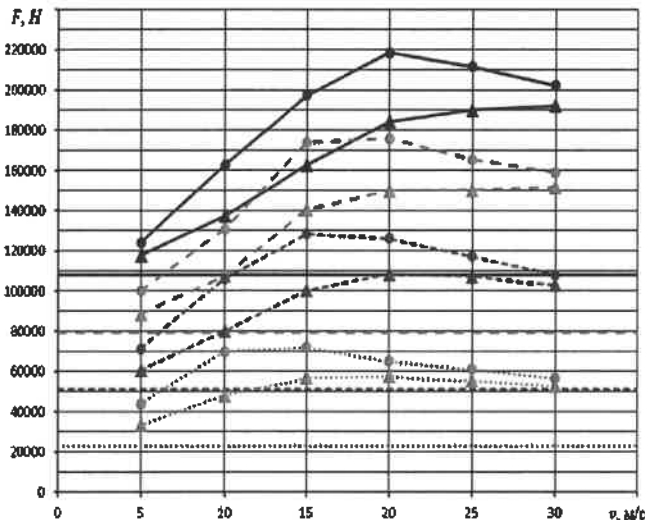


Рисунок 5 – Силы, воздействующие на подшипники букс: Масса груза 69,5 т: —●— динамическая нагрузка стандартной тележки, —▲— то же для доработанной тележки, — статическая нагрузка. Масса груза 46 т: —●— динамическая нагрузка стандартной тележки, —▲— динамическая нагрузка доработанной тележки, — — — статическая нагрузка. Масса груза 23 т: —●— динамическая нагрузка стандартной тележки, —▲— динамическая нагрузка доработанной тележки, — — — статическая нагрузка. Порожний вагон: —●— динамическая нагрузка стандартной тележки, —▲— динамическая нагрузка доработанной тележки, — — — статическая нагрузка

Получено 31.10.2019

D. M. Marchenko. Reducing dynamic load of the bogie 18-100 when driving rail joints.

The possibility of using rubber-metal shock absorbers as axle suspension to reduce dynamic load during the passage of a rail joint by a 18-100 bogie is analyzed. An alternative design of the disk spring cassette is proposed; its comparison with a rubber shock absorber is made. To assess the effectiveness of reducing shock loads in axle box bearings of a bogie, dynamic modeling of the passage of a joint by a gondola car on standard and modified bogies was carried out at different degrees of load and various speeds.

Для визуальной оценки величин динамических нагрузок и эффективности внедрения предлагаемой доработки на рисунке 5 горизонтальными линиями показаны статические силы, соответствующие аналогичным массам транспортируемого груза.

Таким образом, результаты динамического компьютерного моделирования в MSC.ADAMS переезда вагонном стыков железнодорожного пути подтверждают эффективность применения кассеты из тарельчатых пружин в качестве буксового рессорного подвешивания для снижения ударных нагрузок при прохождении стыков железнодорожного пути. Наибольшее снижение динамических сил наблюдается при движении груженых экипажей со скоростями около 20 м/с, а для порожних – 15 м/с, но и при иных скоростях динамические нагрузки снижаются. В свою очередь уменьшение нагрузок, передаваемых боковым рамам тележки, повышает надёжность и долговечность конструкции.

Список литературы

- 1 Белорусская железная дорога [Электронный ресурс]: Техническая характеристика (по состоянию на 01.01.2019). – Режим доступа: https://www.rw.by/corporate/belarusian_railway/technical_characteristics/. – Дата доступа: 04.08.2019.
- 2 Разработки НИЛ «Путь» [Электронный ресурс] / Белорус. гос. ун-т транспорта. – Режим доступа: <http://www.bsut.by/science/niht/nil-put/razrab-nil-put>. – Дата доступа: 04.08.2019.
- 3 Крейнис, З. Л. Бесстыковой путь. Ч. 1. Как устроен и работает бесстыковой путь: учеб. пособие / З. Л. Крейнис, Н. Е. Селезнева. – М., 2009. – 84 с.
- 4 Выбор конструкции первой ступени подвешивания трехэлементных тележек инновационных грузовых вагонов / А. М. Орлова [и др.] // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 3 (28). – С. 88–99.
- 5 Расчет вагонов на прочность / С. В. Вершинский [и др.]; под ред. Л. А. Шадура. – М.: Машиностроение, 1971. – 432 с.
- 6 Вершинский, С. В. Динамика вагона: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / С. В. Вершинский; под ред. С. В. Вершинского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.
- 7 ГОСТ 3057-90. Пружины тарельчатые. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 3057-79. – Введ. с 01.07.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 38 с.
- 8 Марченко, Д. М. Создание компьютерной модели вагона для динамического моделирования в MSC.ADAMS / Д. М. Марченко // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 148–156.
- 9 Shimanovsky, A. Investigation of the longitudinal track profile influence on the forces acting in the train inter-car connections using the MSC.ADAMS software / A. Shimanovsky, P. Sakharau // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – Vol. 2353. – P. 555–569.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТА

УДК 629.4.02.004.67:620.1

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Рассмотрена технология выявления буксовых узлов на ранней стадии развития неисправностей. Предложены методики режима «Слежение» и использования приведенной температуры, позволяющие эффективно решать задачу обнаружения разрушений букс «по состоянию» и прогнозировать запас хода вагонов до достижения температурой корпуса букс предаварийного, аварийного или критического уровней.

В связи с усложнением новой техники и требованием неуклонного повышения ее надежности трудоемкость диагностических и контрольных операций резко увеличивается. В высокоразвитых странах затраты на контроль качества составляют в среднем 1–3 % от стоимости выпускаемой продукции, а в таких отраслях промышленности, как оборонная, атомная и аэрокосмическая, затраты на контроль качества возрастают до 12–18 %.

Рост объема перевозок, повышение скорости движения и тоннажа грузовых поездов заставляют обращать всё большее внимание на оперативный контроль состояния ответственных частей подвижного состава. Решение задачи может быть, в частности, достигнуто путем создания ряда измерительных устройств, располагаемых на железнодорожном пути и вблизи него и способных выполнять измерение непосредственно на ходу поезда.

Основная цель современных разработок заключается в автоматизации выявления технических неисправностей вагонов в эксплуатации путем организации интегрированной сети технического контроля подвижного состава в движении [1]. Особое значение уделяется разработке новых технологий слежения за перемещением вагонов и принятию оптимальных решений при организации перевозочного процесса.

Оптимизация размещения и настройки комплексов КТСМ. Автоматический контроль технического состояния подвижного состава на ходу поезда – последняя и в ряде случаев единственно возможная технологическая операция, позволяющая выявить недопустимые дефекты в подвижных единицах и тем самым предотвращать возникновение чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. Применение современных компьютерных технологий технического диагностирования и контроля позволяет систематизировать теорию и аппаратное построение систем проверки подвижного состава на ходу поезда.

Ходовые части подвижного состава на Белорусской железной дороге проверяются приборами теплового контроля КТСМ-01, КТСМ-01Д и КТСМ-02.

Все периферийные устройства включены в Автоматизированную систему контроля подвижного состава АСК ПС. В системе реализованы функции «Слежения» и алгоритмы «Тревога 1 {П}» – для профилактической проверки буксы; «Тревога 0 {Д}» – при повышенной динамике нагрева с учетом приращения теплового уровня

буксового узла между смежными установками КТСМ. Это позволило повысить пороговые уровни срабатывания тревожной сигнализации и предотвратить необоснованные задержки поездов на стыках со смежными железными дорогами сопредельных государств (Российской Федерации, Украины, Литвы и Латвии) [2].

Благодаря повышенной настройке порогов тревожной сигнализации КТСМ промежуточные пункты контроля работают не в диагностическом, а в контрольном режиме. В результате увеличилась пропускная способность, снижаются задержки поездов по показаниям средств теплового контроля на промежуточных станциях при неизменном среднегодовом уровне отцепок вагонов по перегреву буксовых узлов с цилиндрическими подшипниками. График задержек поездов и отцепок вагонов приведен на рисунке 1. Сейчас этот процесс продолжается в основном за счет замены физически и морально устаревших комплексов КТСМ-01 на более современные КТСМ-02.

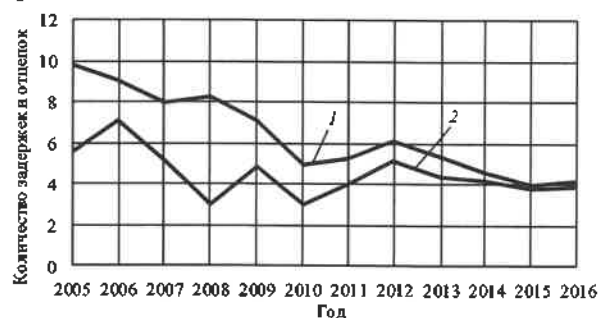


Рисунок 1 – График зависимости задержек поездов (кривая 1) и отцепок вагонов (кривая 2) по показаниям средств теплового контроля

На дороге в настройках автоматизированных пунктов контроля АРМ ЦПК приняты дифференцированные значения приращений уровней нагрева букс между смежными пунктами контроля для формирования тревожной сигнализации «Тревога 0 {Д}». Для пунктов контроля, расположенных на подходах к пунктам технического осмотра, эти значения составляют 5–10 квантов, а на участках безостановочного следования поездов – свыше 15 квантов, или 15 °С (разность температур нагрева букс на одной оси колесной пары). Установлено, что наиболее высокая подтверждаемость показаний фиксируется при динамике нагрева букс выше 1 °С на один километр пробега вагона. При скорости движения поезда 60 км/ч это соответствует темпу нагрева 1 °С/мин.

При таком темпе и расстоянии между пунктами контроля, например 25 км, неисправная букса нагреется относительно другой, расположенной на той же оси, на 25 °С. Полученное значение будет ниже порогового значения для критерия «Тревога 0» на промежуточных станциях (28 °С). В этом случае формируется сигнализация по повышенной динамике нагрева буксы «Тревога 0{Д}». По результатам осмотра на станции, где поезд остановился в соответствии с графиком движения, принимается решение о возможности дальнейшего следования вагона в составе поезда [3].

Для своевременного выявления неисправностей в тормозном оборудовании вагонов на пунктах технического осмотра понижены пороги сигнализации «Тревога 0 {Т}» (торможение). Это позволило организовать диагностический режим контроля тормозного оборудования на ходу подвижного состава в системе АСК ПС. В результате появилась возможность следить за утечками воздуха и замедленным отпуском тормозов сформированного поезда при движении по установленному маршруту. Сократилось количество самопроизвольного отпуска или срабатывания тормозов с образованием на поверхности катания колес наваров и ползунов в результате заклинивания колесных пар.

Выявление буксовых узлов на ранней стадии развития неисправностей. На пунктах технического осмотра дороги (ПТО) профилактический контроль буксовых узлов грузовых вагонов осуществлялся осмотрщиками визуально, по так называемым скрытым показаниям АРМ ПТО, отображающим начальную стадию развития отказов. Для автоматизации этого процесса может использоваться оригинальный алгоритм поиска неисправностей с формированием сигнализации «Тревога 0 {П}» (профилактика). Признак предназначен для КТСМ, размещенных на перегонах перед пунктами технического осмотра, где осматриваются все грузовые поезда.

Сигнализация «Тревога 0 {П}» включается для вагонов с нагревом букс выше уровня, указанного в настройке АРМ ЛПК, но ниже порога «Тревога 0» (для букс, имеющих повышенный нагрев по сравнению с другими расположенными на одной стороне вагона). Для сигнализации «Тревога 0 {П}» применяют «плавающий» порог, значение которого снижается обратно пропорционально значению «отношения» Q :

$$U_{0п} = P_0 / Q, \quad (1)$$

где $U_{0п}$ – значение порога «Тревоги 0 {П}», квант; P_0 – табличное значение параметра «Тревога 0 {П}»; Q – значение относительного перегрева буксы (отношение максимально нагретой буксы к среднему значению остальных букс, расположенных на одной стороне вагона).

Минимальное снижение порога ограничивается порогом передачи информации с перегонного оборудования на АРМ ЛПК, который составляет 14 квантов. Момент начала снижения порога определяется параметром P_0 , значение которого рекомендуется устанавливать равным условной температуре настройки КТСМ [4].

Сигнализация «Тревоги 0{П}» применяется только для грузовых вагонов. После реализации этого алгоритма на ПТО отменяется осмотр всех вагонов по скрытым показаниям КТСМ.

В результате сократился объем непроизводительной работы осмотрщиков, исключена угроза несвоевременного выявления потенциально опасных неисправностей в буксовых узлах грузовых вагонов, в том числе с нарушением торцевого крепления подшипников. Благодаря этому увеличивается пропускная способность на основных пунктах технического осмотра дороги.

После эксплуатационных испытаний алгоритма формирования тревожной сигнализации «Тревога 0{П}» изменена технология осмотра поездов на ПТО всех узловых станций дороги.

На промежуточных пунктах контроля введена дополнительная сигнализация «Тревога 1 {П}». Значение ее порога определяется по формуле

$$U_{1п} = P_1 / Q, \quad (2)$$

где $U_{1п}$ – значение порога «Тревоги 1» при понижающей коррекции; P_1 – табличное значение параметра «Тревога 1 {П}»; Q – значение относительного перегрева буксы (отношение к среднему нагреву остальных букс, расположенных на одной стороне вагона).

Минимальное значение снижения порога «Тревога 1» ограничивается значением «Мин. порог», указанным в таблице настройки для линейного пункта АРМ ЛПК. По этому признаку чаще всего выявляются буксы вагонов в начальной стадии разрушения при относительно низком темпе нагрева цилиндрических подшипников (до 0,5 кванта на один километр), если не срабатывает сигнализация «Тревога 0{Д}».

Особенности эксплуатации конических подшипников кассетного типа. При введении в эксплуатацию вагонов нового поколения с коническими подшипниками кассетного типа появились необоснованные задержки груженых и порожних поездов с рабочим нагревом корпусов и крышек букс. Повышенный нагрев таких подшипников проявляется при низких температурах наружного воздуха ($T_{н.в}$) с ноября по март, когда средние значения уровней тепловых сигналов, выраженные в квантах, и относительные температуры корпусов букс повышаются, в сравнении с летними значениями, в 1,5–1,7 раза. График средних значений уровней и температур за год представлен на рисунке 2.

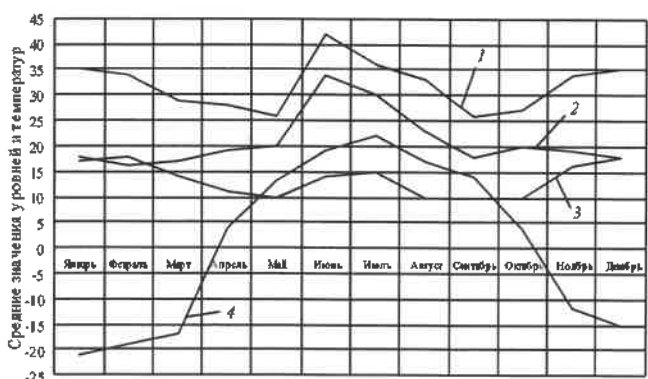


Рисунок 2 – График средних значений уровней и температур за год:

- 1 – средние значения уровней; 2 – максимальные значения уровней; 3 – максимальные значения разности температур; 4 – температура наружного воздуха

Как было отмечено ранее, критерий «Тревога 0 {П}» (профилактика) формировался с учетом отношения

уровня нагрева контролируемой буксы к среднему значению уровней температур остальных букс по одной стороне вагона. Это приводило к необоснованным задержкам поездов с рабочим нагревом конических подшипников.

Новый критерий браковки буксовых узлов по разности температур их нагрева на одной оси колесной пары $R_{\text{max ось}}$ менее подвержен влиянию низких температур наружного воздуха, но его численное значение в КТСМ-01Д возрастает в летнее время из-за влияния солнечной радиации. Разность температуры наиболее нагретой буксы и среднего значения температуры остальных букс на контролируемой стороне вагона $R_{\text{max ст}}$ является более совершенным аналогом критерия «Тревога 0 {П}».

Все установки КТСМ-02 переведены с квантовой версии программного обеспечения на градусную, которая более адекватно оценивает состояние разнотипных подшипников и буксовых узлов в соответствии с браковочными значениями температур. Кроме того, показания КТСМ-02 в градусах Цельсия при проведении измерений не позднее чем через 15 мин после остановки поезда корреспондируются с температурой букс, определяемой на станции бесконтактными приборами «Кельвин».

Алгоритмы браковки буксовых узлов в соответствии с новым критерием оценки позволяют отказаться от недостаточно надежного метода распознавания вагонов по типу подшипников от повышающей коррекции порогов сигнализации на рабочий нагрев конических подшипников кассетного типа. Благодаря такой оценке в программном обеспечении исключены сложные для восприятия эксплуатационным персоналом (дежурные по станциям, диспетчеры) алгоритмы коррекции порогов тревожной сигнализации.

В новом программном обеспечении предусмотрены следующие варианты настроек тревожной сигнализации в соответствии с размещением КТСМ: перед станциями с пунктом осмотра вагонов – «ПТО», перед станциями без ПТО – «Промежуточная», а также для различных участков дорог с учетом расстояния между пунктами контроля – со снижением порогов на 3° – «Пониженная» и повышением порогов на 4° – «Повышенная» по сравнению с порогом при варианте «Промежуточная». Настройки КТСМ перед «ПТО» отличаются от настроек перед «Промежуточная» только более низким (на 10 °С) порогом «Тревога 0». При этом пороги «Тревога 1» и «Тревога 2» остаются такими же.

Комплексы КТСМ, размещенные удаленно от сортировочных станций с пунктами технического осмотра, настраиваются следующим образом. При срабатывании сигнализации «Тревога 1» (пороги такие же, как при настройке для «Промежуточная») поезд останавливается на ближайшей станции, а при срабатывании «Тревога 0» (с заниженным порогом) без остановки следует в парк прибытия пунктов технического осмотра. Здесь осмотрщики вагонов более тщательно проверяют состояние буксовых узлов.

Таким образом, обеспечивается безостановочный пропуск транзитных поездов, а неисправные буксы с относительно высокой температурой выявляются в условиях пункта технического осмотра. В этом случае установленные пороги сигнализации по разности температур на

одной оси колесной пары $R_{\text{max ось}}$ являются альтернативой критерия «Тревога 0 {П}».

В версию программного обеспечения 2.0.8.1. введена автоматическая коррекция порогов тревожной сигнализации в зависимости от температуры наружного воздуха. Такая коррекция в значительной мере снижает количество показаний КТСМ-02 на рабочий нагрев конических подшипников в зимнее время года и риск несвоевременного обнаружения неисправных букс при высокой температуре наружного воздуха. В результате перевода КТСМ-02 на градусную версию количество задержек поездов, проконтролированных по показаниям на промежуточных станциях дороги, сократилось. Количество отцепок грузовых вагонов из-за перегрева буксового узла снизилось. Отцепки стали более обоснованными. Естественно, на этот показатель повлияло пополнение рабочего парка новыми вагонами и повышение качества ремонта буксовых узлов в депо.

При градусной версии программного обеспечения КТСМ-02 разность температур нижних секторов корпусов букс на одной оси колесной пары практически не зависит от температуры окружающего воздуха и не подвержена влиянию солнечной радиации.

При низких температурах наружного воздуха, когда уровни тепловых сигналов и относительной температуры корпусов букс повышаются в сравнении с летними значениями, контроль аппаратуры КТСМ-01Д ухудшается. На это влияет в том числе и увеличение парка вагонов с коническими подшипниками. Поэтому новые критерии браковки буксовых узлов по разности уровней их нагрева на одной оси колесной пары в КТСМ-01Д, аналогичные алгоритмам КТСМ-02, позволили существенно снизить необоснованные задержки поездов.

Разработка методики для мониторинга нагрева букс. Использование в качестве показателя исправного функционирования буксы температуры нагрева ее корпуса практически исключает влияние посторонних факторов на него при контроле (температуры окружающей среды, различных скоростей движения, силы и направления ветра, погрешностей в настройке аппаратуры). По мере движения поезда, анализируя динамику изменений температуры, можно судить о состоянии букс и исправности этого ответственного узла.

При проверке ходовых частей вагонов осмотрщик сравнивает температуры корпусов соседних букс. При одинаковых внешних условиях значительные температурные отличия свидетельствуют о серьезных изменениях в техническом состоянии механизмов букс. В то же время вероятность одновременного разрушения двух, трех и более буксовых узлов ничтожно мала [5, 6].

На рисунке 3 совмещены две последовательности значений температур $T_{A,i}$ и $T_{B,j}$ для буксовых узлов семи четырехосных вагонов. Это зависимости температур корпусов букс от порядковых номеров осей с правой по ходу поезда стороны, полученные на станциях А и В. Из-за различных условий измерений средние значения температур отличаются и составляют для T_A 12,5 уровня квантования, для T_B – 13,5.

Для сравнения полученных на смежных пунктах контроля температур необходимо, чтобы условия измерения были одинаковыми. Благодаря практически линейной зависимости температуры корпуса от влияющих факторов достаточно ограничиться нормировкой значе-

ний температур букс, полученных по станциям А и В, на их средние значения T_A и T_B соответственно. Таким образом, техническое состояние i -го буксового узла характеризуется приведенной температурой $\theta_i = T_i / T$, фактически указывающей на долю температуры его корпуса в общем среднем значении температуры корпусов букс по контролируемой стороне поезда.

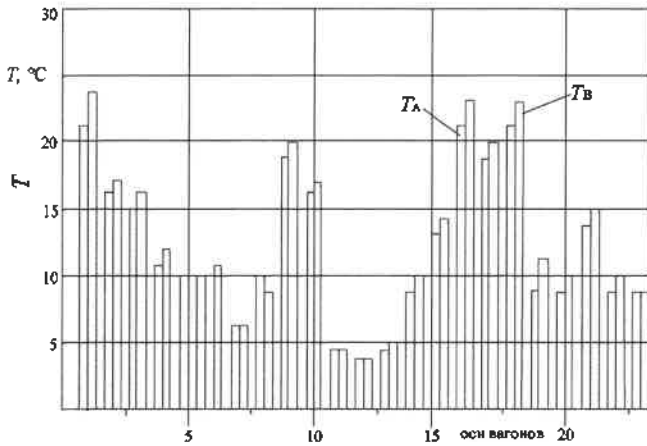


Рисунок 3 – Последовательности значений температур $T_{A,i}$ и $T_{B,j}$ по станциям А и В

Таким образом, техническое состояние i -го буксового узла характеризуется приведенной температурой $\theta_i = T_i / T$, фактически указывающей на долю температуры его корпуса в общем среднем значении температуры корпусов букс по контролируемой стороне поезда.

При условии примерно одинаковой теплоотдачи численные значения $\theta_i = 0,5$ и $\theta_j = 2$ означают, что тепловыделение i -й буксы в два раза выше, чем в среднем по контролируемой стороне поезда. При исправности буксовых узлов во время движения подвижного состава соотношение между температурами корпусов остается практически неизменным. Положительная динамика приведенной температуры одного из корпусов указывает на ухудшение технического состояния буксы.

На рисунке 4 представлена последовательность разностей $\Delta\theta_i = \theta_{B,j} - \theta_{A,i}$ приведенных значений температур корпусов букс по станциям В и А.

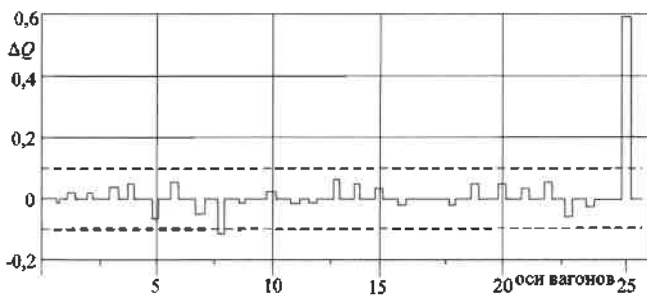


Рисунок 4 – Последовательность разностей $\Delta\theta_i = \theta_{B,j} - \theta_{A,i}$

Последовательность содержит случайную и детерминированную составляющие. Для точного обнаружения дефектного буксового узла необходимо задать порог значимости приращения приведенной температуры, превышение которого указывает на начальный этап разрушения. С этой целью по результатам измерений следует определить максимально возможное значение случайной составляющей приращений. Предполагая

нормальное распределение приращений в качестве порога значимости, целесообразно взять границы доверительного интервала значений, соответствующие вероятности 0,997. Эти границы составляющей приращений, равные $\pm 3\sigma$, выделены на рисунке 4 штриховыми линиями. Приращение температуры корпуса 25-й буксы по смежным пунктам контроля значительно выходит за границы доверительного интервала. Это указывает, что разрушение буксы началось.

Среднее значение последовательности разностей $\Delta\theta_i$ равно нулю, поэтому при вычислении среднеквадратического отклонения σ приращений приведенной температуры используется соотношение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\theta_{B,j} - \theta_{A,i})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

где n – общее число осей поезда.

Исключив результат измерений по 25-й буксе в силу явно детерминированного характера приращения температуры, получаем среднеквадратическое значение случайных приращений приведенной температуры $\sigma = 3,35\%$. Нижняя граница значимости приращений приведенной температуры составляет 10%. Аналогично вычисляются температуры корпусов букс, расположенных с противоположной по ходу поезда стороны.

Использование разработанной методики позволяет осуществлять раннее выявление разрушений букс, в том числе порожних и слабо загруженных вагонов, где процессы разрушения идут относительно вяло.

Также с помощью мониторинга можно ориентировочно прогнозировать, сколько километров может пройти греющая букса. Это актуально на раннем этапе, пока процесс разрушений буксового узла не стал лавинообразным.

В основе прогноза лежит линейная модель динамики процесса. Так, если температура корпуса 25-й буксы после прохождения поезда от станции А до станции В (34 км) возросла на девять уровней квантования (от 14 до 23), то пройденный поездом путь до подачи аппаратурой КТСМ-01Д (33-й уровень квантования) сигнала «Тревога 0» пропорционально составит 38 км. Запас хода до аварийного и критического уровней определится аналогичным образом как для КТСМ-01Д, так и для КТСМ-02. По выведенным на монитор данным принимается решение, возможно ли дальнейшее движение поезда.

Организация системы учета и анализа работы КТСМ при мониторинге подвижного состава. Диспетчерский центр АСК ПС, находящийся в Дорожном центре управления перевозками (ДЦУП), объединяет все отделенческие системы централизованного контроля подвижного состава. На рабочем месте оператора АСК ПС отображаются результаты мониторинга буксовых узлов по тепловому признаку в реальном режиме времени. Диспетчерский центр АСК ПС может также функционировать в составе Центра управления состоянием инфраструктуры (ЦУСИ), создаваемого на дороге [7]. Специалисты службы вагонного хозяйства усовершенствовали систему учета показаний средств теплового контроля КТСМ и АСК ПС. Операторы службы, работающие в ДЦУП, по окончании каждой смены в фор-

мате Word формируют справку о работе АСК ПС для всех причастных руководителей и специалистов дороги.

В справке вся информация распределена по линейным пунктам контроля дороги. В ней предусмотрены: дата, время срабатывания средств теплового контроля, время прибытия, готовности и отправления поезда; наименование пункта контроля; тип КТСМ и настройка АРМ ЛПК; графический номер поезда, расшифровка показаний с указанием уровня нагрева буксы и ее расположения в вагоне; сведения о результатах осмотра буксового узла с указанием типа подшипника и марки смазки. В том числе представлены показания предыдущих средств контроля по АСК ПС, зафиксированных в режиме слежения, сведения об отцепленном вагоне и его инвентарном номере, сведения о вагоноремонтном предприятии, освидетельствовавшем буксовый узел, фамилия осматривающего вагонов [3]. Итоговые данные по месяцам года позволяют анализировать структуру показаний КТСМ по отделениям и на дороге в целом.

Опыт использования нового программного обеспечения КТСМ-01Д версии 2.0.8.7 с новыми критериями по разности уровней нагрева букс на одной оси колесной пары, а также по разности уровня нагрева буксы и среднего значения других букс на одной стороне вагона может быть полезен для других участков железной дороги или отделений дороги на время, пока все средства контроля не будут переведены на КТСМ-02.

Эти критерии в сравнении с прежними версиями значительно снижают количество тревожных показаний КТСМ-01Д на рабочий нагрев подшипников кассетного типа, обеспечивая необходимый уровень безопасности движения поездов.

Получено 11.02.2019

V. V. Burchankou. Improvement of monitoring methods and technology technical condition of rolling stock.

The technology of detection of slip units at an early stage of fault development is considered. The methods of the «Tracking» mode and the use of the reduced temperature are proposed, which allow to effectively solve the problem of detecting the destruction of the boxes «by the state» and to predict the range of the cars before the temperature of the boxes body reaches pre-emergency, emergency or critical levels.

Заключение. Использование предложенной методики режима «Слежение» и анализа приведенной температуры позволяет эффективно решать задачу раннего обнаружения разрушений букс и прогнозировать запас хода вагонов до достижения температурой корпуса предаварийного, аварийного или критического уровней.

Список литературы

- 1 **СТП БЧ 19.314–2015.** Средства теплового контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда. Размещение, установка и эксплуатация. – Минск : Белорусская ж. д., 2015. – 37 с.
- 2 **Бурченко, В. В.** Оперативная информация о состоянии подвижного состава Белорусской железной дороги / В. В. Бурченко // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Международ. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 72–73.
- 3 **Поборцев, П. Н.** Порядок пользования автоматизированной системой контроля подвижного состава (АСК ПС) от устройств ДИСК, КТСМ Белорусской железной дороги / П. Н. Поборцев, З. А. Стаховская. – Минск : Белорусская ж. д., 2008. – 76 с.
- 4 **Гондоров, В. А.** Новый этап развития аппаратуры КТСМ / В. А. Гондоров // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 30–31.
- 5 **Панкратов, Л. В.** Мониторинг нагрева букс / Л. В. Панкратов, С. Н. Чистяков // Автоматика, телемеханика, связь. – 2008. – № 6. – С. 19–21.
- 6 **Шебель, А. Н.** Дистанционный мониторинг технического состояния подвижного состава / А. Н. Шебель // Железные дороги мира. – 2013. – № 6. – С. 54–59.
- 7 **Бурченко, В. В.** Совершенствование алгоритма для теплового контроля подвижного состава / В. В. Бурченко, А. С. Кучерук // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Международ. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2012. – С. 73–74.

УДК 629.42.62.-592.527

Э. И. ГАЛАЙ, доктор технических наук, Е. Э. ГАЛАЙ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ СИЛОВОГО ПРИВОДА ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗА ПРИ ТОРМОЖЕНИИ БЕЗ РАЗРЯДКИ ТОРМОЗНОЙ МАГИСТРАЛИ

Реальные процессы, протекающие при торможении без разрядки тормозной магистрали при наполнении из запасного резервуара рабочей камеры и тормозного цилиндра и последующей его подпитке, являются весьма сложными, потому с допустимыми погрешностями смоделированы более простыми процессами. Представленный газодинамический расчет состоит в идентификации временных зависимостей изменения давления в рабочей камере и тормозном цилиндре.

Перетекание сжатого воздуха из тормозной магистрали в управляющие объемы и силовые приводы тормозов характеризуется неустановившимся движением воздушной струи через пневматические сопротивления в трубопроводах и каналах тормозных приборов. Указанный процесс имеет место и в случае торможения с разрядкой тормозной магистрали и в случае торможения только электровоздухораспределителями (ЭВР) без разрядки.

Работы И. В. Максимея [1] и В. Е. Попова [2], посвященные имитационному моделированию, позволяют проводить исследование тормозных систем одиночных вагонов или их групп в реальном сочетании.

Аналитические решения газодинамических процессов в пневматических системах с распределенными параметрами характеризуются сложностью и громоздкостью расчетных формул и не гарантируют точности получаемых результатов, поскольку в них нивелируются процессы, протекающие с явно выраженной стохастичностью конструктивных характеристик и входных параметров.

При электрическом управлении давление в тормозных цилиндрах (ТЦ) зависит от времени возбуждения катушек тормозного и отпускного вентилялей.

В процессе торможения без разрядки тормозной магистрали (ТМ) давление в тормозном цилиндре $p_{ц}$ равно давлению в РК, куда сжатый воздух поступает из запасного резервуара (ЗР).

Расходные характеристики процесса зависят от конструктивных параметров пневматической части тормоза, которые могут изменяться в пределах, допускаемых Нормативами [3] и носят вероятностный характер.

При пневматическом торможении без разрядки тормозной магистрали 1, которое может происходить при действии ЭВР 4 (ЭВР № 305), а также при действии тормозов электро- и дизель-поездов с воздухораспределителями системы КЕТ различных модификаций, происходит пополнение питающего (запасного) резервуара 2 через воздухораспределитель 3 (рассматривается работа тормоза с воздухораспределителем № 242 (292)). В этом случае можно предположить, что имеет место истечение из неограниченного объема при постоянном зарядном давлении в ТМ p_m (рисунок 1).

Процесс открытия дросселирующего клапана 5, представляющего собой жиклер с заслонкой и управляемого электропневматическим устройством, достаточно быстротечен ($t_{отк} = 0,05 \dots 0,08$ с). Эксперименты, проведенные на тормозной станции БелГУТа [4], показыва-

ют, что время наполнения управляющего резервуара 7 (рабочей камеры (РК)) до максимального давления не превышает 4–5 с в зависимости от величины зарядного давления в тормозной магистрали p_m и характеристик ЭВР 4, определяемых коэффициентом расхода воздуха через калиброванное отверстие μ и сечением жиклера f в дросселе 5.

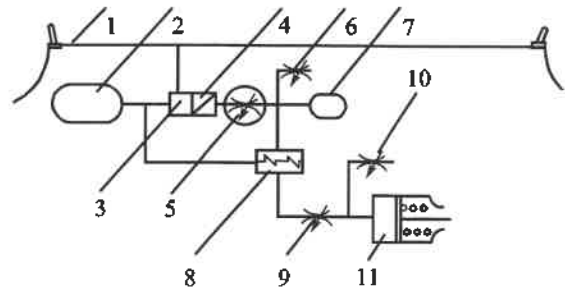


Рисунок 1 – Схема пневматической части электропневматического тормоза

Наполнение ТЦ 11 протекает с некоторым запаздыванием относительно переключения электрических цепей ЭВР 4, вызванного инерционностью его пневматического реле 8. В частности, время запаздывания t_3 для команды «торможение» составляет примерно 0,3 с, а для команды «перекрыша» – 0,4 с. Указанные задержки определены как средние значения по результатам нескольких опытов.

Время t_3 определялось опытным путем, но может быть определено по результатам расчета времени повышения давления в РК 7 до значения, при котором происходит переключение клапана в дросселе 5.

Отпускной клапан 6 ЭВР 4 обеспечивает разрядку в атмосферу рабочей камеры 7 объемом 1,5 л и полости над диафрагмой через калиброванное отверстие диаметром 2 мм в атмосферу за 3,5–4,5 с, а выпускной клапан 10 пневматического реле сообщает с атмосферой тормозные цилиндры.

Можно предположить, что при торможении без разрядки тормозной магистрали имеет место истечение газа из неограниченного объема, поскольку работа компрессора обеспечивает пополнение тормозной магистрали и запасных резервуаров и поддержание в них постоянного давления $p_{зр} \approx p_m$.

В процессе торможения без разрядки ТМ давление в тормозном цилиндре $p_{ц}$ равно давлению в рабочей ка-

мере РК, куда сжатый воздух поступает из запасного резервуара ЗР.

Величина давления в главных резервуарах локомотива, из которых идет подпитка ТМ, является случайной величиной с нормальным распределением между нижним $p_{гр}^{\min}$ и верхним $p_{гр}^{\max}$ пределами, которые больше p_m , поэтому изменение p_m мало зависит от работы компрессоров.

Процесс повышения давления в РК при торможении сопровождается изменением температуры воздуха на входе в нее. Однако, как показывают исследования, при расчетах процессов изменения давления $p_{рк}(t)$, которые протекают достаточно быстро, можно пренебречь теплообменом воздуха с окружающей средой, стенками каналов трубопровода и камеры РК и трением внутри воздушного потока, и реальные процессы, протекающие при движении вагона во время наполнения тормозного цилиндра, с допустимыми погрешностями можно рассматривать в более простых вариантах, поскольку речь идет о процессах в составе поезда с тормозными приборами, настроенными с определенными допусками как по величине давления, так и по времени срабатывания.

Поскольку наполнение РК идет из объема постоянного давления ТМ и связанного с ней ЗР, можно также пренебречь снижением температуры в ТМ и рабочих объемах.

Если в запасном резервуаре 2 поддерживаются постоянные давление $p_{зр} = \text{const}$ и температура в нем $T_0 = \text{const}$, тогда расчет зависимости $p_{рк} = f(t, p_{зр})$ при наполнении управляющего резервуара 7 из области постоянного давления ТМ ведется по уравнениям для расчета расхода воздуха G из неограниченного объема.

Для надкритического истечения при $\beta_i = \frac{p_{ркi}}{p_{зр}} \leq 0,528$

$$G = \mu f \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} p_{зр} \sqrt{\frac{2k}{(k+1)RT}}, \quad (1)$$

для подкритического истечения при $\beta_i = \frac{p_{ркi}}{p_{зр}} > 0,528$

$$G = \mu f p_{зр} \sqrt{\frac{2k}{(k-1)RT} \left(\beta_i^{\frac{2}{k}} - \beta_i^{\frac{k+1}{k}} \right)}. \quad (2)$$

где $p_{ркi}$ – давление в наполняемом объеме рабочей камеры тормозного цилиндра в i -й момент времени; $p_{зр}$ – давление в запасном резервуаре; G – массовый расход воздуха в единицу времени; μ – коэффициент расхода через калиброванное отверстие; f – площадь поперечного сечения канала; k – показатель адиабаты; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура воздуха в тормозной магистрали.

Коэффициент расхода μ , учитывающий потери на трение между воздухом и стенками каналов, который представляет собой отношение действительного расхода воздуха к расчетному и может быть определен экспериментально или расчетом для жиклера с экранированным входом:

$$\mu = \frac{0,65}{\sqrt{1 + \xi_{\text{вых}}}},$$

где $\xi_{\text{вых}}$ – коэффициент сопротивления, зависящий от условий входа (выхода) воздушного потока в жиклер; для седла тормозного вентиля $\xi_{\text{вых}} = 0,57$.

Величина μ может изменяться от 0,5 до 0,6, так как давления и допуски по диаметру отверстий могут быть различны.

Таким образом, анализ динамики силового привода ЭПТ производится при следующих допущениях, касающихся термодинамического состояния воздуха в пневматической системе «тормозная магистраль – питательный клапан 9 электровоздухораспределителя – тормозной цилиндр».

1 Процесс изменения давления в ТМ и ТЦ с истечением из объема постоянного давления ТМ принимаем изотермическим.

2 Атмосферное давление p_0 , коэффициент расхода μ и показатель адиабаты k принимаются постоянными.

Подставляя известные значения для воздуха ($R = 287,14$ Дж/кг·К и $k = 1,403$), формулы (1) и (2) можно упростить при условии $p_m = p_{зр}$:

$$G = 0,0404 \mu f p_m \frac{1}{\sqrt{T}} \text{ при } \beta_i \leq 0,528; \quad (3)$$

$$G = 0,1557 \mu f p_m \frac{1}{\sqrt{T}} \sqrt{\beta_i^{1,426} - \beta_i^{1,713}} \text{ при } \beta_i > 0,528. \quad (4)$$

Рассматриваемые аналитические зависимости, показывающие величину расхода воздуха в единицу времени, время истечения воздуха и давление в рабочей камере $p_{рк}$ и тормозном цилиндре $p_{ц}$ при наполнении рабочих объемов, получены при различных допущениях, упрощающих реальные газодинамические процессы.

Рабочий ход поршня ТЦ происходит с изменением наполняемого объема $V_{тц}$. Может рассматриваться пневматическая схема с несколькими цилиндрами. Изменение объема $V_{тц}$ пропорционально перемещению поршня или выходу штока $l_{ш}$. Зависимость $l_{ш}(t)$ может быть получена из уравнения изменения состояния воздуха в наполняемом объеме $V_{тц}$:

$$M = \frac{p_{ц}}{RT} (V_{мп} + l_{ш} F_{ц}), \quad (5)$$

где M – масса воздуха, поступившего в ТЦ; T – температура воздуха в объеме тормозной магистрали, как правило, это температура окружающей среды; $V_{мп}$ – объем вредного пространства перед поршнем, м³; $F_{ц}$ – площадь поршня, м.

Продифференцировав уравнение (5) по времени, получим

$$\frac{dM}{dT} = \frac{1}{RT} \left(\frac{dp_{ц}}{dt} \left(V_{мп} + l_{ш} F_{ц} + p_{ц} F_{ц} \frac{dl_{ш}}{dt} \right) \right). \quad (6)$$

Массовый расход воздуха в камеру ТЦ определяется по уравнениям (3) и (4), где $G = \frac{dM}{dT}$. Начальное поло-

жение поршня определяются при $l_{ш} = 0$. Для учета объема $V_{мн}$ введем условную начальную координату $l_{ш0} = \frac{V_{мн}}{F_{ц}}$.

Тогда уравнение (6) примет вид

$$\frac{GRT}{F_{ц}} = \frac{dp_{ц}}{dt} \left(l_{ш0} + l_{ш} + p_{ц} \frac{dl_{ш}}{dt} \right). \quad (7)$$

Поскольку рассматривается газодинамический процесс при постоянном давлении и температуре в ТМ и при отсутствии теплообмена с окружающей средой, то в итоге получается уравнение

$$kGRTdt = V_{тц} dp_{ц} + kp_{ц} dV_{тц}. \quad (8)$$

Давление в тормозном цилиндре $p_{ц}$, кроме того, зависит от давления в рабочей камере и параметров ЭВР

$$p_{ц} = \frac{p_{рк} S_{д} - p_{зр} (S_{пк} - S_{ш}) - p_0 S_{ш} - P_{пр}}{S_{д} - S_{ш}}, \quad (9)$$

где $p_{рк}, p_{зр}, p_0$ – абсолютные давления в РК, ЗР и атмосферное; $S_{д}, S_{пк}, S_{ш}$ – площади диафрагмы, седла питательного клапана и поперечного сечения штока; $P_{пр}$ – усилие пружины питательного клапана.

Расчет давления в тормозных цилиндрах при действии электровоздухораспределителей при торможении без разрядки тормозной магистрали показал, что давле-

ние зависит от конструктивных параметров воздухоораспределителей и мало зависит от термодинамического состояния воздуха в пневматической системе поезда.

В расчете не учтен вес деталей ЭВР и силы трения между ними, поскольку они несущественно влияют на результат.

Во многих случаях применение упрощенных расчетных формул следует признать целесообразным, поскольку позволяет сравнительно просто произвести оценку величины давления в системе и выбрать размеры воздухопроводных каналов или оценить существующие приборы.

Список литературы

- 1 Максимей, И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И. В. Максимей. – М. : Радио и связь, 1988. – 232 с.
- 2 Попов, В. Е. Исследование газодинамических процессов в автотормозах методом математического моделирования / В. Е. Попов // Эксплуатация автотормозов подвижного состава : сб. науч. тр. / ВНИИЖТ. – М., 1989. – С. 51–55.
- 3 Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ. – М. : Техинформ, 2011. – 197 с.
- 4 Галай, Э. И. Расчет давлений в тормозных цилиндрах при действии электровоздухораспределителя / Э. И. Галай, Э. А. Лисичкин, Е. Э. Рыжик (Галай) // Совершенствование технического обслуживания, ремонта и конструкции вагонов : межвуз. сб. науч. тр. / БелИИЖТ. – Гомель, 1991. – С. 52–56.

Получено 07.03.2019

E. I. Halai, E. E. Halai. Features of power drive of electric pneumatic brake when braking without brake pressure reduction.

The real processes occurring during braking without discharging the brake line when filling from the spare reservoir of the working chamber and the brake cylinder and its subsequent recharge are very complex. Therefore, with permissible errors, they can be modeled by simpler processes, and the task of gas-dynamic calculation is to identify the time dependencies of pressure changes in the working chamber and the brake cylinder on time.

УДК 656.224: 629.44

А. А. ЗАХАРЕВИЧ, Белорусская железная дорога, г. Минск, В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,

ТЕНДЕНЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПАРКОМ ВАГОНОВ ЛОКОМОТИВНОЙ ТЯГИ

Величина и структура парка пассажирских вагонов локомотивной тяги определяют перевозочный потенциал и качество обслуживания пассажиров в международном и межрегиональном сообщениях на железнодорожном транспорте. При решении задачи оптимизации парка вагонов локомотивной тяги на перспективу необходимо учитывать состояние рынка пассажирских перевозок, парка подвижного состава, запросы пассажиров на поездки и другие факторы. Исходя из тенденции внедрения в пассажирские перевозки межрегионального и международного сообщений моторвагонного подвижного состава сформированы два подхода к использованию парка вагонов локомотивной тяги. Установлены составляющие обеспечения баланса парка пассажирских вагонов на прогнозный период. Представлены потребности парка пассажирских вагонов исходя из прогнозных объемов перевозки пассажиров и увеличения пассажирских поездов на моторвагонном подвижном составе.

Белорусская железная дорога как субъект хозяйствования осуществляет пассажирские перевозки и для этого приобретает и содержит потребный парк пассажирского подвижного состава. Оценка современной роли Белорусской железной дороги как оператора пассажирского подвижного состава на транспортном рынке является актуальной, т. к. позволяет определить перспективную целевую модель развития пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Перспективы обновления пассажирского подвижного состава должны быть обоснованы организационно, технически, технологически и экономически исходя из роли Белорусской железной дороги в интегрированной системе международных и внутригосударственных пассажирских перевозок.

Выбор форм стратегии обновления пассажирского подвижного состава на каждом долгосрочном этапе должен быть определен в целевой модели развития пассажирских перевозок на железной дороге. Целевым критерием, обеспечивающим успешное функционирование Белорусской железной дороги при организации пассажирских перевозок, является снижение совокупных издержек (при обеспечении потребностей в перевозках пассажиров) и поэтапный переход по отдельным видам пассажирских сообщений и маршрутам перевозок к положительной экономической бизнес-модели.

Достижение данной цели при обновлении подвижного состава требует соблюдения и учета множества условий: потребностей граждан в поездках, требований качества предоставления услуг поездки, оптимальной величины парка пассажирских вагонов локомотивной тяги (ПВЛТ) и его структуры по типам вагонов и других.

При реализации задач обеспечения пассажирских перевозок подвижным составом необходимо учитывать системные тенденции, установленные в [1–3]:

- формирование эффективной системы организации движения поездов за счет задействования комфортабельного моторвагонного подвижного состава (МВПС) и поэтапного вывода из эксплуатации пассажирских вагонов локомотивной тяги;

- повышение скоростей движения поездов, курсирующих в межрегиональном сообщении;

- уменьшение размеров движения поездов, курсирующих в ночное время в межрегиональном сообщении;

- использование комфортабельных пассажирских вагонов локомотивной тяги и МВПС для перевозки пассажиров в международном и межрегиональном сообщениях;

- минимизация количества прицепных и беспересадочных вагонов в международном сообщении.

Опыт реализации проектов отраслевых программ показывает, что организация регулярного движения пассажирских поездов межрегионального сообщения на маршрутных направлениях Минск – Гомель, Минск – Брест, Минск – Гродно и других позволила увеличить пассажиропоток на указанных направлениях на 10–20 %, увеличить населенность поездов до 70–80 %, возмещение расходов доходами в 2–3 раза по сравнению с поездами на ПВЛТ.

Востребованность перевозки поездами на МВПС подтверждает значительная динамика роста перевезенных пассажиров межрегиональными поездами бизнес-класса (рисунок 1). Объем перевозок в 2018 году в таких поездах составил 14,7 % от общего объема межрегиональных перевозок.

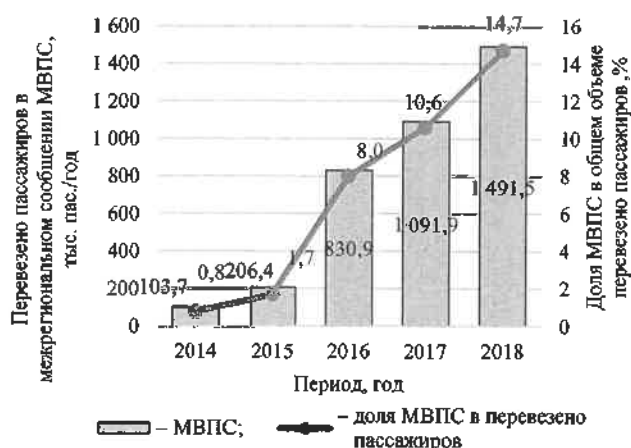


Рисунок 1 – Динамика изменения объема межрегиональных перевозок на МВПС

В результате приобретения МВПС с 2014 года произведена замена пяти поездов межрегионального сообщения, сформированных из пассажирских вагонов локомотивной тяги, на моторвагонный подвижной состав.

При этом высвободилось 65 пассажирских вагонов локомотивной тяги.

С учетом организации движения поездов, обслуживаемых МВПС, изменена структура пассажирских поездов по типу используемого подвижного состава. В настоящее время Белорусской железной дорогой организовано движение 98 пар пассажирских поездов: в международном сообщении – 37 пар, в том числе на МПВС – 4 пары (11 %); межрегиональном сообщении – 61 пара, в том числе на МПВС – 17 пар (28 %).

Программа замещения составов ПВЛТ на МВПС в межрегиональном сообщении реализуется и в настоящее время: плановое приобретение 6 составов ДПм-6 и 10 составов ЭПм-5 позволит высвободить устаревший парк ПВЛТ и предложить пассажирам современный пакет услуг и быструю доставку к месту назначения.

В то же время большая часть перевозок пассажиров организована в пассажирских вагонах как в дневное, так и в ночное время. Формирование оптимальной величины парка ПВЛТ связано с социальным запросом граждан на поездки железнодорожным транспортом [5], возможностью организации маршрутов поездов по востребованным направлениям, наличием экономических возможностей для инвестирования в ПВЛТ.

В настоящее время для организации пассажирских перевозок в международном и межрегиональном сообщении на Белорусской железной дороге используется парк ПВЛТ в количестве 1233 вагона (рисунок 2).

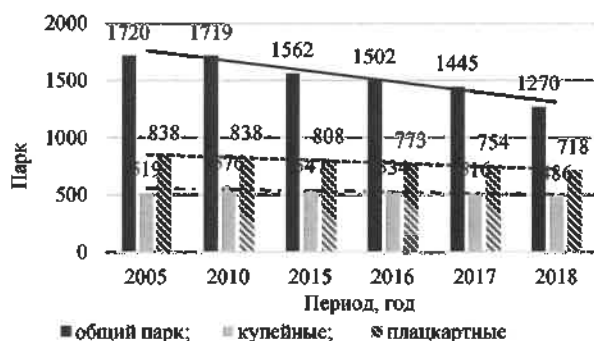


Рисунок 2 – Изменение инвентарного парка ПВЛТ для международного и межрегионального сообщения с 2005 по 2018 год

Обновление структуры ПВЛТ по типам основывается на потребности граждан в услугах, предоставляемых в вагоне, что и определяет оснащенность вагона и, соответственно, затраты на приобретение и содержание вагона. Оснащение ПВЛТ должно определять их классность и иметь достаточное многообразие.

При обновлении ПВЛТ необходимо учитывать сложившиеся тенденции:

- в структуре парка пассажирских вагонов имеются устаревшие типы вагонов, которые не отвечают запросам на поездки пассажиров и имеют предельный срок эксплуатации;

- темпы обновления подвижного состава значительно ниже темпов старения;

- эксплуатация физически устаревшего состава увеличивает затраты на ремонт и обслуживание, снижает качество перевозок.

Анализ технического состояния ПВЛТ указывает на старение парка за последние пять лет с 25,2 до 26,4 лет.

В структуре общего парка ПВЛТ вагоны со сроком службы до 25 лет занимают 28 % (рисунок 3). Существующий темп обновления парка ПВЛТ составляет менее 1 % в год от среднего парка, эксплуатируемого на Белорусской железной дороге при потребной величине среднегодового обновления: по назначенному сроку службы – 4,5 %, по продленному сроку службы – 2,5 %. Обновление парка вагонов за последние 5 лет составило 2,4 %, что является наименьшим темпом обновления за период жизненного цикла вагонов. Износ вагонов ПВЛТ от назначенного срока службы составляет 94 %, а с учетом продления срока службы – 56,7 %.

Истечение назначенного срока службы вагонов и выбытие их из международного сообщения [4] приводит к дефициту перевозочных ресурсов для обеспечения таких перевозок. В отдельные периоды увеличения пассажиропотока дефицит ПВЛТ для формирования максимальных схем составов поездов – более 100 вагонов, что ведет к потерям в международных перевозках и недополучению доходов от экспорта услуг.

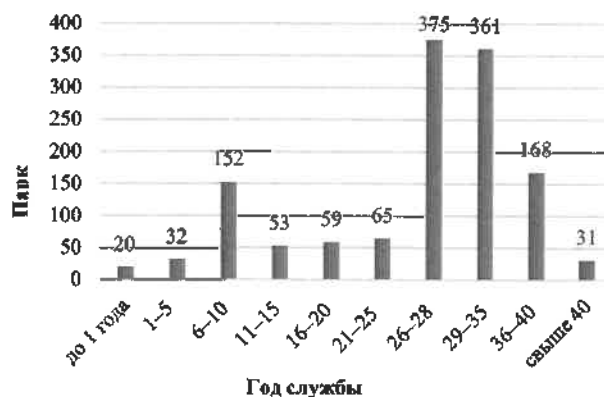


Рисунок 3 – Распределение парка ПВЛТ по сроку службы

Белорусская железная дорога как национальный пассажирский перевозчик решает задачу обновления ПВЛТ на основе долгосрочного инвестиционного сценария путем приобретения нового подвижного состава в соответствии с потребностями пассажирских перевозок [6, 8], а также продления срока службы [4] и модернизации существующего парка за счет серии капитальных ремонтов пассажирских вагонов (это позволяет снижать инвестиционную нагрузку).

Структура парка пассажирских вагонов должна учитывать основные условия их использования:

- международное и внутриреспубликанское сообщение (ночные поезда);

- протяженность маршрута и необходимость предоставления спальных мест;

- категория спальных мест.

В перспективе возможны два направления использования парка ПВЛТ: в международном сообщении и для формирования ночных поездов во внутриреспубликанском сообщении. В связи с этим потребность в пассажирских вагонах будет с течением времени сокращаться. Постепенно будет снижаться потребность в ПВЛТ специализированных для перевозки пассажиров сидя (сидячие, общие, купейные с местами для сидения).

При приобретении пассажирских вагонов необходимо ориентироваться на новые типы вагонов, которые в конструкции имеют кузова из композитных материалов,

алюминиевых сплавов и коррозионно-стойкой стали, срок службы вагонов – не менее 40 лет, используют тележки безлюничного типа, обеспечивают конструкционную скорость до 160 км/ч. Применение таких вагонов позволяет снизить массу вагона, повысить его надежность и увеличить время наработки на отказ до 20–30 % и соответственно уменьшить удельный расход топлива и электроэнергии, снизить расходы на обслуживание и ремонт.

Пассажиры должны соответствовать экологическим и санитарным требованиям, оснащаться системами управления и диагностики, обеспечения климата и другими необходимыми для повышения уровня комфорта системами.

Структура ПВЛТ обновляется в соответствии с концепцией «безбарьерной среды» на железнодорожном транспорте за счет приобретения вагонов пассажирского парка, адаптированных для перевозки людей с ограниченной подвижностью. Целевым условием должно являться наличие в каждом маршрутном назначении вагонов, адаптированных для перевозки людей с ограниченной подвижностью.

При оценке стратегии обновления парка ПВЛТ необходимо оценивать соответствие наличного и потребного парков (рисунок 4) [5].

Наличный парк ПВЛТ ($R_{\text{нал}}^{\text{ПВЛТ}}(t)$) оценивается в динамике его изменения в прогнозном периоде

$$R_{\text{нал}}^{\text{ПВЛТ}}(t) = R_{\text{м.с}}^{\text{ПВЛТ}}(t) + R_{\text{мр.с}}^{\text{ПВЛТ}}(t), \quad (1)$$

где $R_{\text{м.с}}^{\text{ПВЛТ}}(t)$ – наличный парк ПВЛТ, используемый в международном сообщении; $R_{\text{мр.с}}^{\text{ПВЛТ}}(t)$ – наличный парк ПВЛТ, используемый в межрегиональном сообщении.



Рисунок 4 – Сравнение потребности и наличия вагонов локомотивной тяги для обеспечения пассажирских перевозок по видам сообщения

Наличный парк ПВЛТ в международном или межрегиональном сообщении в долгосрочной перспективе учитывает основную и переменную часть состава пассажирских поездов

$$R_{\text{п.с}}^{\text{ПВЛТ}}(t) = R_{\text{п.с}}^{\text{ядр}}(t) + R_{\text{п.с}}^{\text{фак}}(t) + R_{\text{п.с}}^{\text{н.р}}(t), \quad (2)$$

где $R_{\text{п.с}}^{\text{ядр}}(t)$ – парк ПВЛТ, используемый для формирования основной части составов (ядра) пассажирского сообщения (международного или межрегионального); $R_{\text{п.с}}^{\text{фак}}(t)$ – парк ПВЛТ, используемый для формирования переменной части составов (факультатива) в зависимости от спроса на поездки пассажиров; $R_{\text{п.с}}^{\text{н.р}}(t)$ – нерабочий парк ПВЛТ.

Наличный парк ПВЛТ по каждому виду пассажирского сообщения (международное или межрегиональное) на конечный год прогнозного периода

$$R_{\text{п.с}}^{\text{нал}}(t_k) = R_{\text{п.с}}^{\text{нал}}(t_n) - R_{\text{п.с}}^{\text{уб.сл}}(t_n, t_k) - R_{\text{п.с}}^{\text{уб.назн}}(t_n, t_k) + R_{\text{п.с}}^{\text{пр.назн}}(t_n, t_k) + R_{\text{п.с}}^{\text{приобр}}(t_n, t_k), \quad (3)$$

где $R_{\text{п.с}}^{\text{нал}}(t_n)$ – наличный парк ПВЛТ на исходный год периода прогнозирования; $R_{\text{п.с}}^{\text{уб.сл}}(t_n, t_k)$, $R_{\text{п.с}}^{\text{уб.назн}}(t_n, t_k)$ – убытие парка ПВЛТ в прогнозном периоде (t_n, t_k); $R_{\text{п.с}}^{\text{пр.назн}}(t_n, t_k)$, $R_{\text{п.с}}^{\text{приобр}}(t_n, t_k)$ – соответственно продление назначенного срока службы вагонов и приобретение нового подвижного состава в прогнозном периоде (t_n, t_k).

Величина наличного парка ($R_{\text{нал}}^{\text{ПВЛТ}}(t)$) рассчитывается исходя из потребностей в перевозках, на основе которых устанавливается потребный парк ПВЛТ ($R_{\text{потр}}^{\text{ПВЛТ}}(t)$):

$$R_{\text{нал}}^{\text{ПВЛТ}}(t) > R_{\text{потр}}^{\text{ПВЛТ}}(t). \quad (4)$$

Потребный парк ПВЛТ рассчитывается с учетом освоения части пассажиропотока пассажирскими поездами на МВПС и вместимости используемых типов пассажирских вагонов в обновляемом парке ПВЛТ:

$$R_{\text{п.с}}^{\text{ПВЛТ}} = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^k \frac{A_{\text{псij}} - A_{\text{псij}}^{\text{МВПС}}}{365a_{ij}} \theta_j, \quad (5)$$

где $A_{\text{псij}}$ – прогнозное значение пассажиропотока в каждом виде сообщения (международном, межрегиональном) по j -му маршрутному назначению с использованием i -го типа подвижного состава; k – число типов пассажирских вагонов локомотивной тяги; N – количество маршрутных назначений для перевозки пассажиров; $A_{\text{псij}}^{\text{МВПС}}$ – прогнозное значение пассажиропотока, которое планируется освоить поездами на МВПС; a_{ij} – вместимость пассажирских вагонов; θ_j – оборот пассажирских составов на маршрутных назначениях.

В стратегии обновления ПВЛТ на железной дороге применяются два подхода в зависимости от вида пассажирских перевозок: международное и межрегиональное [7].

В международном сообщении обновление парка ПВЛТ предлагается осуществлять на основе обеспечения баланса вагонов с учетом следующих процессов:

- темпов выбывания вагонов из эксплуатации;
- прогнозов проведения капитально-восстановительного ремонта (КВР) и приобретения новых вагонов;
- изменения потребности по отдельным маршрутам.

Основным условием организации международных поездов является сохранение экономически выгодных маршрутных назначений и обеспечение их комфортабельными вагонами в соответствии с международными требованиями и соглашениями между железнодорожными администрациями (ЖДА), которые способствуют их беспрепятственному следованию по территории иных ЖДА. В перспективе возможны новые маршрутные назначения в международном сообщении с использованием МВПС на направлении Минск – Москва, а также со столицами соседних государств. При этом существенным условием следует считать

назначение новых поездов на взаимовыгодных условиях.

Прогнозная оценка потребности обновления парка ПВЛТ показывает, что при сохранении объемов международных перевозок на перспективу требуется около 700 вагонов. При этом существующий дефицит (более 100 вагонов) в дальнейшем может увеличиваться вследствие выбывания вагонов по назначенному сроку и в 2025 году может достичь – 200 вагонов. Таким образом, для формирования оптимальной величины парка ПВЛТ в целях обеспечения международных пассажирских перевозок требуется поэтапное обновление подвижного состава с включением в государственную программу развития железнодорожного транспорта как важного условия выполнения социальных запросов общества. При этом около 30 % дефицита ПВЛТ в международном сообщении может быть обеспечено за счет проведения КВР с продлением срока службы вагонов, а оставшаяся часть – за счет закупки новых вагонов (обновление к 2025 году может составить более 8 % от общего парка вагонов).

В межрегиональном сообщении использование парка ПВЛТ вагонов целесообразно осуществлять с учетом обновления парка МВПС и срока службы ПВЛТ, занятого в межрегиональном сообщении. Программа использования МВПС (по мере закупки) в межрегиональном сообщении включает:

- замещение составов поездов ПВЛТ в межрегиональном сообщении бизнес-класса на МВПС;
- замещение составов поездов межрегионального сообщения бизнес-класса, использующих МВПС регионального типа;
- на наиболее востребованных пассажирами направлениях перевод в межрегиональное сообщение бизнес-класса поездов эконом-класса.

Данные меры позволят организовать обращение 24 пар поездов межрегионального сообщения бизнес-класса и высвободить около 120 вагонов ПВЛТ.

В межрегиональном сообщении эконом-класса для обслуживания пассажиров к 2022 году предусматривается курсирование 38 пар (13 пар дневных и 25 пар ночных) с использованием ПВЛТ. Такие поезда полностью обеспечат потребность населения в перевозках из областей и регионов республики, а также компенсируют неравномерность перевозки пассажиров в отдельные периоды недели, месяца (как правило, ночного следования или комбинированного ночного и дневного). Обслуживание поездов межрегионального сообщения эконом-класса предполагается осуществлять ПВЛТ до окончания их срока службы исходя из их технического состояния.

Получено 15.09.2019

A. A. Zakharevich, V. G. Kuznetsov, A. A. Erofeev. Trends in passenger transportation fleet of locomotive traction cars.

The size and structure of the fleet of passenger cars of locomotive traction determines the transportation potential and quality of passenger service in international and interregional rail transport. When solving the problem of optimizing the fleet of locomotive traction cars in the future, it is necessary to take into account the state of the passenger transportation market, the rolling stock fleet, passenger requests for travel and other factors. Based on the trend of introduction of inter-regional and international traffic of motor-car rolling stock into passenger transportation, two approaches to the use of the locomotive traction car fleet have been formed. The components of ensuring the balance of the fleet of passenger cars for the forecast period are established. The needs of the fleet of passenger cars are presented based on the projected volumes of passenger transportation and the increase in passenger trains on motor-car rolling stock.

С учетом использования вагонов, выбывших из международного сообщения, профицит ПВЛТ в межрегиональном сообщении составит в 2022 году около 200 вагонов. При выбытии вагонов по сроку службы оставшегося парка ПВЛТ будет достаточно для обеспечения потребных перевозок в межрегиональном сообщении эконом-класса без закупки нового подвижного состава в течение 10 лет.

Дальнейшие решения о целесообразности приобретения МВПС в межрегиональном сообщении целесообразно принимать после технико-экономического обоснования [5, 7]. Это позволит снизить инвестиционную нагрузку на приобретение МВПС и полностью использовать ресурс ПВЛТ.

Таким образом, стратегия обновления парка ПВЛТ должна учитывать устойчивую тенденцию использования МВПС в межрегиональном сообщении; потребность увеличения темпов обновления парка ПВЛТ в международном сообщении; приобретение пассажирских вагонов с увеличенным сроком службы и техническими параметрами, соответствующими запросам пассажиров на поездки.

Список литературы

- 1 Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы : утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2016 г. № 345 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.government.by. – Дата доступа : 10.09.19.
- 2 Концепция развития перевозок пассажиров до 2020 года : одобрена на заседании ТЭС Белорусской железной дороги от 11.03.2014 № 2ТЭС.
- 3 Программа развития перевозок пассажиров железнодорожным транспортом до 2020 года : утв. Приказом Начальника Белорусской железной дороги № 100Н от 27.03.2018.
- 4 Положение о продлении срока службы пассажирских вагонов, курсирующих в международном сообщении : утв. Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества, протокол от 21–22 октября 2014 г. № 61 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.d2.lv>. – Дата доступа : 10.09.19.
- 5 Кочнев, Ф. П. Пассажирские перевозки на железных дорогах / Ф. П. Кочнев. – М. : Транспорт, 1980. – 406 с.
- 6 Кузнецов, В. Г. Организация работы железнодорожных вокзалов / В. Г. Кузнецов, Л. А. Редько, И. М. Литвинова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 248 с.
- 7 Захаревич, А. А. Формирование нового уровня пассажирских перевозок во внутреспубликанском сообщении / А. А. Захаревич, В. Г. Кузнецов, И. М. Литвинова // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2 (31). – С. 23–27.
- 8 Кузнецов, В. Г. Обеспечение комплекса услуг при поездках пассажиров в поездах различных категорий / В. Г. Кузнецов, Ю. М. Страдомский // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2017. – № 2 (35). – С. 98–102.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 006.015.8: 625.1

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, доктор физико-математических наук, В. С. ЗАЙЧИК, кандидат технических наук, А. А. КЕБИКОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

**УСТАНОВЛЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ
К ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Приведены основные положения по установлению климатических требований к железнодорожной продукции в части температуры окружающего воздуха, а также результаты обработки данных метеонаблюдений на территории Республики Беларусь, применение которых на добровольной основе обеспечивает выполнение требований технических регламентов Евразийского экономического союза.

Железнодорожная продукция, вводимая в обращение на территории Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС), должна соответствовать требованиям ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава» [1], ТР ТС 002/2011 «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» [2] и ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта» [3]. В части учета воздействий климатических факторов данные регламенты устанавливают:

– для железнодорожного подвижного состава и его составных частей: подпункт «б» пункта 5 статьи 4 [1];

– для железнодорожного подвижного состава и его составных частей, объектов инфраструктуры высокоскоростного железнодорожного транспорта: подпункт «в» пункта 5 статьи 4 [2] и дополнительно для железнодорожного электроснабжения, его составных частей и элементов его составных частей – подпункт «г» пункта 83 статьи 4 [3];

– для объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта: подпункт «б» пункта 5 статьи 4 [3] и дополнительно для железнодорожного электроснабжения, его составных частей и элементов его составных частей – подпункт «г» пункта 24 статьи 4 [3].

Нормативные температурные диапазоны $\{T_{\min}; T_{\max}\}$ в общем случае определяются климатическим исполнением на основании ГОСТ 15150 [4]. Само исполнение устанавливается стандартами на соответствующие виды продукции, если в самих стандартах не оговорено иное. Так, ГОСТ 30243.1 [5] устанавливает для открытых вагонов-хопперов для сыпучих грузов категорию 1 исполнения У, при этом оставляя возможность определить в технических условиях другие виды исполнений для конкретных моделей вагонов. Температурные диапазоны $\{T_{\min}; T_{\max}\}$, для которых разработана железнодорожная продукция, определяются производителями в конструкторских документах, технических условиях, руководстве по эксплуатации и иной документации. При этом подразумевается ситуация, при которой выполняется условие $\{T_{\min} < T_{\min}; T_{\max} < T_{\max}\}$, т. е. конструктивно предусматривается, что продукция в течение всего жизненного цикла будет сохранять работоспособность в большем температурном диапазоне, чем нормативный.

Однако практическая реализация вышеизложенного может привести к значительному увеличению стоимости изделий. Особенно это очевидно на примере технически сложного подвижного состава (электровозов, электропоездов, дизель-поездов, самоходного и несамоходного специального подвижного состава и т. д.), под который требуется изготовить соответствующие составные части. Вместе с тем систе-

ма организации железнодорожного транспорта такова, что эксплуатация данного подвижного состава производится, как правило, на ограниченном полигоне в пределах одного региона или страны, имеющего стабильные климатические характеристики. Таким образом, возникает возможность оптимизации стоимости изготовления продукции за счет изменения нормативных температурных диапазонов.

Техническими регламентами [1–3] предусмотрена такая ситуация. Пункт 5 статьи 6 [1] устанавливает, что «неприменение стандартов не может оцениваться как несоблюдение требований настоящего технического регламента», и позволяет для оценки соответствия железнодорожного подвижного состава и его составных частей иные документы при условии представления соответствующего доказательства соответствия. Аналогично трактуют данную ситуацию регламенты [2] (пункт 9 статьи 6) и [3] (пункт 9 статьи 6). Доказательство соответствия разрабатывается на основе анализа идентифицированных для данной продукции рисков и должно содержать обоснованные новые значения показателей, соответствие которых впоследствии будет проверяться испытаниями. В частности, может быть обоснован новый температурный диапазон $\{T_{\min}; T_{\max}\}$ и продукция будет признана соответствующей техническому регламенту при соблюдении условия $\{T_{\min} \neq T_{\min} < T_{\min}; T_{\max} < T_{\min} \neq T_{\max}\}$.

Для установления соответствующего температурного диапазона необходимо провести анализ имеющихся данных метеослужб за погодой в регионе. При этом следует учесть, что в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации (WMO) климатические нормы рассчитываются за 30-летний период с 1981 по 2010 гг. (решение XVII Всемирного метеорологического конгресса, Женева (Швейцария, июнь 2015 г.)) [6]. Решением научно-технического совета Гидромета Республики Беларусь от 20.12.2016 г. установлены среднемесячные и годовые нормы температур по пунктам наблюдения, расположенным на всей территории страны [6]. Так, минимальной является февральская среднемесячная температура в г. Горки, которая составила $-6,2$ °С, а максимальной – июльская температура в г. Гомеле – $+19,8$ °С. Вместе с тем очевидно, что брать за основу доказательства соответствия данные цифры нельзя и следует оценивать сертификационные показатели железнодорожной продукции в условиях экстремумов климатического воздействия внешних температур (таблица 1). При этом целесообразно проанализировать не только рекомендуемый период 1981–2010 гг., но и весь период наблюдений, который составляет для разных пунктов от 10 до 133 лет [6].

Таблица 1 – Рекордные показатели температур по пунктам наблюдения

Пункт наблюдения	Температура воздуха за период наблюдений (дата наблюдения)			
	Весь период		1981–2010	
	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум
Барановичи	-35,4 (01.02.1970)	+35,7 (11.08.1992)	-32,1 (30.01.1970)	+35,7 (11.08.1992)
Березинский заповедник	-35,3 (01.02.1956)	+36,2 (08.08.2010)	-33,8 (07.01.2003)	+36,2 (08.08.2010)
Березино	-33,2 (08.01.2017)	+35,3 (11.08.1992)	-32,9 (05.01.1987)	+35,3 (11.08.1992)
Бобруйск	-37,4 (31.01.1970)	+38,0 (08.08.2010)	-34,5 (30.01.1987)	+38,0 (08.08.2010)
Борисов	-41,0 (17.01.1940)	+35,6 (08.08.2010)	-31,5 (10.01.1987)	+35,6 (08.08.2010)
Брагин	-35,0 (08.03.1964)	+38,1 (08.08.2010)	-33,8 (17.12.1997)	+38,1 (08.08.2010)
Брест	-35,5 (12.01.1950)	+36,7 (09.08.2015)	-28,4 (14.01.1987)	+36,1 (31.07.1994)
Василевичи	-35,7 (10.01.1940)	+38,0 (20.08.1946)	-35,1 (08.01.1987)	+37,6 (08.08.2010)
Верхнедвинск	-39,7 (16.01.1940)	+34,7 (11.08.1992)	-33,7 (11.01.1987)	+34,7 (11.08.1992)
Вилейка	-37,3 (01.02.1956)	+36,0 (16.08.2010)	-32,7 (27.12.1996)	+36,0 (16.08.2010)
Витебск	-40,6 (16.01.1940)	+37,8 (08.08.2010)	-31,9 (08.01.1987)	+37,8 (08.08.2010)
Волковыск	-38,2 (12.01.1950)	+35,9 (13.07.1959)	-30,5 (30.01.1987)	+35,3 (29.08.1992)
Воложин	-34,3 (01.02.1956)	+35,5 (03.08.2014)	-29,3 (11.01.1987)	+34,5 (15.08.2010)
Высокое	-32,9 (30.01.1987)	+36,5 (09.08.2015)	-32,9 (30.01.1987)	+36,1 (31.07.1994)
Ганцевичи	-38,2 (31.01.1970)	+35,3 (04.08.2014)	-34,8 (30.01.1987)	+35,1 (11.08.1992)
Гомель	-35,1 (01.02.1970)	+38,9 (08.08.2010)	-32,6 (30.01.1987)	+38,9 (08.08.2010)
Горки	-39,5 (17.01.1940)	+38,7 (06.06.2010)	-34,8 (06.01.1987)	+38,7 (06.06.2010)
Гродно	-36,3 (01.02.1970)	+36,2 (29.08.1992)	-30,7 (08.01.1987)	+36,2 (29.08.1992)
Докшицы	-40,7 (01.02.1956)	+35,7 (15.08.2010)	-34,8 (08.02.1996)	+35,7 (15.08.2010)
Езерище	-39,3 (01.02.1956)	+36,2 (08.08.2010)	-36,3 (03.03.1987)	+36,2 (08.08.2010)
Житковичи	-36,5 (31.01.1970)	+36,5 (16.08.2008)	-33,7 (30.01.1987)	+36,5 (16.08.2008)
Жлобин	-38,0 (08.03.1964)	+37,8 (08.08.2010)	-32,6 (10.01.1987)	+37,8 (08.08.2010)
Ивацевичи	-37,5 (11.01.1950)	+35,7 (03.08.2014)	-32,9 (30.01.1987)	+35,6 (17.07.2001)
Кличев	-37,0 (07.03.1964)	+37,7 (08.08.2010)	-36,3 (07.01.2007)	+37,7 (08.08.2010)
Костюковичи	-38,1 (17.01.1940)	+38,8 (09.08.2010)	-35,5 (08.01.1987)	+38,8 (09.08.2010)
Лельчицы	-35,7 (31.01.1970)	+38,2 (07.08.2010)	-34,6 (08.01.1987)	+38,2 (07.08.2010)
Лепель	-40,3 (17.01.1940)	+34,9 (07.08.2010)	-30,7 (10.01.1987)	+34,9 (07.08.2010)
Лида	-34,7 (12.01.1950)	+35,3 (29.08.1992)	-30,6 (30.01.1987)	+35,3 (29.08.1992)
Лынтупы	-39,0 (01.02.1956)	+34,8 (15.08.2010)	-34,0 (08.02.1996)	+34,8 (15.08.2010)
Марьяна Горка	-38,7 (17.01.1940)	+36,5 (03.08.2014)	-31,7 (07.01.2003)	+36,0 (07.08.2010)
Минск-центр	-39,1 (17.01.1940)	+35,8 (08.08.2015)	-28,6 (20.01.2006)	+34,6 (24.08.2007)
Могилев	-37,3 (17.01.1940)	+36,8 (06.08.2010)	-32,4 (08.01.1987)	+36,8 (06.08.2010)
Мозырь	-37,0 (01.02.1956)	+36,5 (29.07.1936)	-34,1 (17.12.1997)	+36,4 (08.08.2010)
Мстиславль	-30,8 (03.02.2012)	+37,9 (06.08.2010)	-25,9 (16.12.2009)	+37,9 (06.08.2010)
Нарочь	-34,0 (09.01.1968)	+33,9 (08.08.2015)	-31,6 (03.03.1987)	+33,8 (15.08.2010)
Новогрудок	-34,2 (16.01.1940)	+34,2 (30.08.1992)	-29,4 (20.01.2006)	+34,2 (30.08.1992)
Октябрь	-37,4 (31.01.1970)	+37,9 (07.08.2010)	-35,1 (30.01.1987)	+37,9 (07.08.2010)
Орша	-36,3 (09.02.1929)	+38,2 (06.08.2010)	-35,0 (30.01.1987)	+38,2 (06.08.2010)
Ошмяны	-31,8 (31.01.1970)	+34,2 (08.08.2015)	-30,9 (05.01.1987)	+33,9 (14.08.2010)
Пинск	-34,7 (11.01.1950)	+36,3 (05.08.1905)	-30,6 (08.01.1987)	+34,8 (14.08.2010)
Полесская	-34,9 (01.02.1970)	+35,8 (11.08.1992)	-34,6 (30.01.1987)	+35,8 (11.08.1992)
Полоцк	-38,1 (01.02.1956)	+35,8 (08.08.2010)	-33,4 (03.03.1987)	+35,8 (08.08.2010)
Пружаны	-37,7 (11.01.1950)	+36,0 (31.07.1994)	-33,3 (30.01.1987)	+36,0 (31.07.1994)
Сенно	-37,2 (01.02.1956)	+37,4 (08.08.2010)	-32,0 (07.01.1987)	+37,4 (08.08.2010)
Славгород	-36,5 (31.01.1956)	+37,8 (06.08.2010)	-33,3 (08.01.1987)	+37,8 (06.08.2010)
Слуцк	-36,2 (01.02.1970)	+36,1 (11.08.1992)	-33,2 (30.01.1987)	+36,1 (11.08.1992)
Столбцы	-36,5 (08.03.1964)	+36,1 (16.07.1994)	-30,7 (30.01.1987)	+36,1 (16.07.1994)
Чечерск	-33,0 (08.01.1987)	+38,5 (06.08.2010)	-33,0 (08.01.1987)	+38,5 (06.08.2010)
Шарковщина	-40,4 (01.02.1956)	+35,6 (15.08.2010)	-32,9 (05.01.1987)	+35,6 (15.08.2010)

На основании анализа данных метеонаблюдений можно сделать вывод, что за период с 1981 г. по август 2019 г. температура наружного воздуха ни разу не выходила за пределы $\{-40; +40\text{ }^{\circ}\text{C}\}$. Минимальная температура за данный период составила $-36,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Езерище, Кличев), а максимальная – $+38,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Гомель). Если же брать весь доступный период наблюдений, то на пяти метеостанциях была зафиксирована температура ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом только в одном случае (метеостанция Витебск) продолжительность регистрации экстремумов таких температур составила два дня (рисунок 1). С учетом данного периода, давности регистрации (более 79 и 63 лет), а также общепланетных тенденций потепления климата событие наступления температуры окружающего воздуха на территории Республики Беларусь ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно считать маловероятным и не учитывать при установлении климатических требований к железнодорожной продукции.

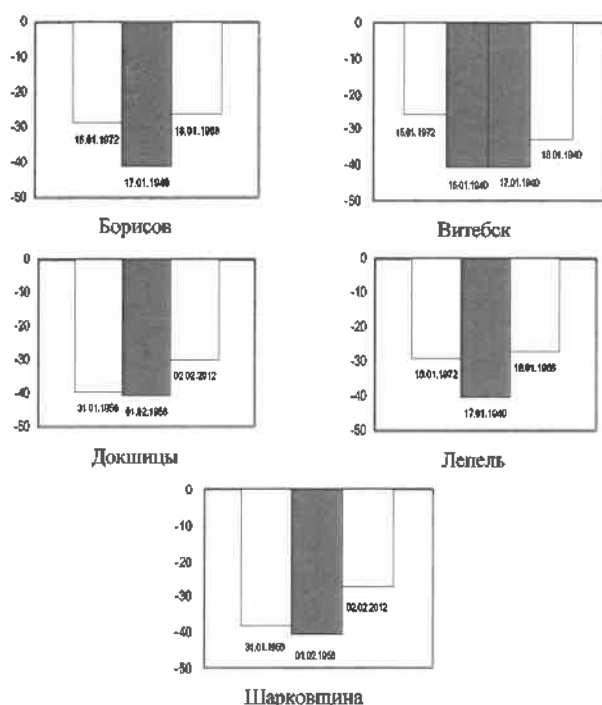


Рисунок 1 – Продолжительность регистрации экстремумов температур ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ по метеостанциям

Таким образом, на основании анализа имеющихся данных с учетом рекомендаций ВМО можно установить для железнодорожной продукции, обращение которой осуществляется преимущественно на полигоне Белорусской железной дороги, требования к температурному диапазону эксплуатации в виде условия $\{T_{\text{н. min}} \neq -40\text{ }^{\circ}\text{C} < T_{\text{н. min}}; T_{\text{н. max}} < +40\text{ }^{\circ}\text{C} \neq T_{\text{н. max}}\}$.

При этом в разделе «Идентификация рисков» доказательства соответствия в качестве риска указывается отказ в работе железнодорожной продукции, возникающий при

Получено 11.11.2019

Yu. I. Kulazhanka, V. S. Zaichyk, A. A. Kebikov. Definition of climatic requirements to railway products.

The main provisions on the establishment of climatic requirements for railway products in terms of ambient temperature, are given as well as the results of the processing of weather observations on the territory of the Republic of Belarus, the use of which on a voluntary basis ensures compliance with the requirements of the technical regulations of the Eurasian Economic Union.

изменении температурного режима работы в процессе эксплуатации, а также для подвижного состава, перемещаемого к месту проведения работ по железной дороге своим ходом либо на своих осях, а также для комплектующих, используемых в таком подвижном составе (например, путевые машины и иной специальный самоходный и несамоходный подвижной состав) в процессе транспортировки. Далее в разделе «Информация о соответствии» должен быть точно определен территориальный полигон и временной период года для использования железнодорожной продукции. Если временной период отличается от полного года (например, путевые машины используются только при условии наличия несмерзшегося балластного слоя в период с апреля по октябрь при температуре окружающего воздуха выше $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$), то тогда температурный диапазон эксплуатации может быть еще более сужен на основании дополнительного анализа данных, приведенных в таблице 1 и [6]. Исходя из имеющихся данных проводится качественная оценка рисков для следующих факторов опасности, опасных событий и их последствий:

- отказ в эксплуатации;
- отказ при транспортировке.

На основании оценки в отношении вероятности возникновения опасного события, ожидаемой тяжести последствий и степени риска может быть сделано заключение о возможности либо невозможности сужения температурного диапазона. В случае положительного ответа программа испытаний формируется с учетом имеющегося доказательства безопасности и все испытания, и расчеты проводятся при температурах $\{T_{\text{длин}}; T_{\text{длин}}\}$.

Список литературы

- 1 О безопасности железнодорожного подвижного состава. Технический регламент (ТР ТС 001/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля. 2011 г. № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 66 с.
- 2 О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 003/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля. 2011 г. № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 67 с.
- 3 О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта. Технический регламент (ТР ТС 003/2011) : утв. решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля. 2011 г. № 710 : с изм. и доп. – М., 2011. – 67 с.
- 4 ГОСТ 151150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М. : Стандартинформ, 2006. – 57 с.
- 5 ГОСТ 30243.1–97. Вагоны-хопперы открытые колес 1520 мм для сыпучих грузов. Общие технические условия. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. – 8 с.
- 6 Meteoinfo.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.meteoinfo.by/>. – Дата доступа : 10.10.2019.

УДК 519. 872. 8

А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, А. Ю. РИБИЧЕНОК, магистрант кафедры «Управление эксплуатационной работой и охрана труда», Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛАХ

Обоснована целесообразность применения математического моделирования при оценке эффективности функционирования транспортно-пересадочных узлов (ТПУ). Формализовано поведение пассажиров ТПУ с использованием метамоделей. Разработана методика моделирования пассажиропотоков в ТПУ с использованием пакета имитационного моделирования AnyLogic. Сформулированы управляющие решения, обеспечивающие оптимизацию перемещения пассажиров в ТПУ. Определены этапы моделирования и приведено математическое описание поведения пассажиров при перемещениях внутри ТПУ. Разработана логическая структура имитационной модели ТПУ. Приведены результаты моделирования перемещения пассажиропотока внутри вокзала «Минск-Пассажирский». Сформулированы рекомендации по порядку использования методики моделирования при оценке эффективности функционирования ТПУ.

Моделирование пассажиропотоков – одна из основных частей подготовки предпроектных и проектных решений, а создание имитационной модели перемещения пассажиров является ключевым этапом проектирования аэропортов, железнодорожных вокзалов и автовокзалов, спортивных комплексов, торговых центров, паркингов и т. д.

В процессе разработки эффективной технологии и организации деятельности ТПУ может представлять значительный интерес информация о различных их функциональных составляющих, но наиболее важными являются в первую очередь безопасность пассажиров и их комфорт.

ТПУ представляет собой совокупность пассажирских систем различных видов транспорта, функционирование которых связано с корреспонденциями пассажиропотоков между отдельными его элементами. Эффективность функционирования ТПУ зависит от эффективности организации транспортных процессов взаимодействия в нём отдельных элементов.

Математические модели позволяют описать транспортные процессы, происходящие в ТПУ и промоделировать его пассажиропотоки, основная задача которых – прогнозирование и определение параметров функционирования транспортной системы, учитывая уровень качества реализуемых транспортных процессов.

С позиции теории систем ТПУ – сложная система, состоящая из дискретного множества элементов (пассажиров), перемещающихся в дискретном пространстве в дискретные моменты времени, и при этом каждый элемент (пассажир) может автономно, независимо от других принимать решение о том, что необходимо сделать на следующем шаге, исходя из анализа своего собственного поведения или состояния всей среды (ТПУ) в целом на данном шаге. Такая система не может быть смоделирована с помощью магнитной, газокинетической или других перечисленных выше моделей. Необходимы другие принципы, учитывающие, что в основе организации движения пассажиропотоков и перемещения пассажиров лежат логические зависимости.

Этим принципам больше других соответствует транспортная модель, разработанная доктором технических наук, профессором В. В. Доениным и построенная на логико-разностных подходах.

Для описания поведения интеллектуальных транспортных объектов (k которым относится пассажир) эта модель использует метамоделей (1) и (2):

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad & z_v = f_z(x_v(t), s_v); \\ & s_{v+1} = f_s(x_v(t), s_v); \\ & d_{v+1} = f_d(x_v(t), s_v); \\ & x_v(t) = f_x(t_v), \quad t_v = t_{v-1} + \Delta t, \end{aligned} \quad (1)$$

где z_v , s_v – реакция и состояние соответственно объекта в v -й момент времени; x_v – переменная, указывающая занята или свободна зона по ходу движения объекта; d_v – местоположение объекта в среде в v -й момент времени; Δt – дискретный шаг изменения времени t ;

$$\begin{aligned} \text{б)} \quad & z_v^i = f_z^i(x_v^i, s_v^i); \\ & s_{v+1}^i = f_s^i(x_v^i, s_v^i); \\ & d_{v+1}^i = f_d^i(x_v^i, s_v^i); \\ & x_v^i = f_x^i(z_{v-1}^1, z_{v-1}^2, \dots, z_{v-1}^k, t_v); \\ & t_v = t_{v-1} + \Delta t, \quad i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned} \quad (2)$$

Модель «б» отражает влияние каждого из k объектов системы на рассматриваемый i -й процесс через изменение входных воздействий x_v^i как результат формирования совокупности реакций $z_{v-1}^1, z_{v-1}^2, \dots, z_{v-1}^k$.

Описание поведения пассажиров ТПУ можно производить, опираясь на метамоделей «а» и «б», позволяющие обеспечить анализ свойств динамической системы, предназначенной для перемещения объектов разного рода.

При выборе системы для моделирования пассажиропотоков ТПУ были проанализированы программные комплексы, ориентированные на построение имитационных моделей. В результате был выбран российский профессиональный пакет имитационного моделирования AnyLogic.

В данной работе рассмотрена модель ТПУ на примере вокзала станции «Минск-Пассажирский». Аксонометрическая схема первого этажа вокзала с направлениями пассажиропотоков приведена на рисунке 1.

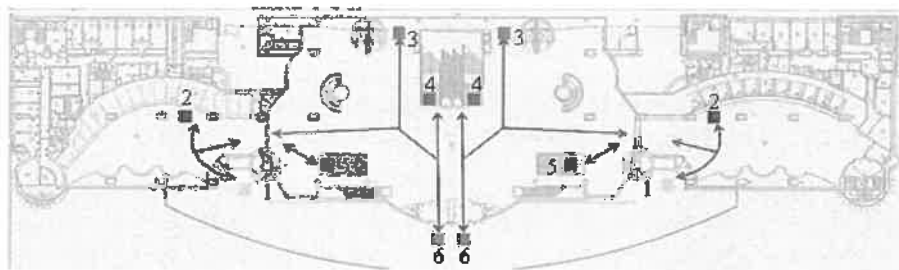


Рисунок 1 – План первого этажа вокзала «Минск-Пассажи́рский» с направлением пассажиропотоков:
 1 – боковой вход (выход); 2 – кассы; 3 – выходы с (на) платформы; 4 – эскалаторы в (с) зал ожидания;
 5 – выходы из (в) метро; 6 – центральный вход (выход).

В математической модели функционирования учтены следующие пассажиропотоки: пассажиропоток с платформ, с конкорса, метрополитена, наземного пассажирского транспорта, пеший подход.

При моделировании пассажиропотоков на вокзале выделены следующие основные пассажиропотоки, складывающиеся в пространстве ТПУ:

1) исходящий пассажиропоток W_i – пассажиры, достигшие пункта назначения и имеющие цель выйти из ТПУ;

2) входящий пассажиропоток V_i – пассажиры, имеющие проездные документы и, войдя на территорию ТПУ, сразу следующие на пересадку;

3) входящий пассажиропоток C_i – пассажиры, которым необходимо приобрести проездные документы, войдя на территорию ТПУ, и направляющиеся к кассам.

При организации перемещения пассажиропотоков необходимо добиться наименьшего числа пересечений их маршрутов движения.

Этого можно добиться путем внесения изменений:

- в структуру планировочных решений;
- число и расположение касс;
- число и расположение входных и выходных дверей, турникетов;
- вместимость, размеры и конфигурацию вестибюлей, пешеходных тоннелей, переходов и т. д.

Процесс моделирования пассажиропотоков в ТПУ можно разделить на несколько этапов:

1) сбор исходных данных для имитационного моделирования (планировочные решения ТПУ, структура и размеры пассажиропотоков, число билетных касс, турникетных линий и т. д.);

2) формализованное описание пассажиропотоков ТПУ, формируемых в моделируемом пространстве;

3) построение имитационной модели для конкретного варианта планировочного решения ТПУ и конкретных размеров пассажиропотоков;

4) проведение необходимого числа модельных испытаний на имитационной модели для обеспечения требуемой точности результатов моделирования;

5) определение рациональных характеристик обслуживания пассажиропотоков;

6) рационализация планировочных решений ТПУ.

Пространство ТПУ представим в виде разбитой на зоны ленты (рисунок 2).

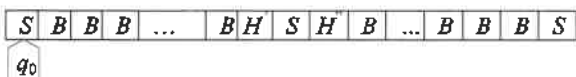


Рисунок 2 – Разбивка пространства ТПУ на зоны

В каждой зоне ленты может быть записан только один символ из алфавита Y , содержащего следующие переменные:

$$Y = \{S_i, B_j, H_k, V_l, R_m, N_p\}. \quad (3)$$

Символы B_j характеризуют незанятость (свободность) зоны каким-либо объектом; S_i – адреса пунктов ТПУ; H_k – зоны, в которых осуществляется управление возможностью дальнейшего следования объекта; V_l – транспортные объекты (пассажиры ТПУ); R_m – места возможного изменения маршрута движения пассажира и выбора дальнейшего направления; N_p – препятствия на пути следования.

Перемещение объекта V_l осуществляет управляющее (исполнительное) устройство q_j , которое обладает способностью просматривать ближайшие соседние зоны и перемещать объект в соседние зоны (вперед или назад).

События, которые возникают в подобной модели и реакции транспортного оператора, описываются выражением

$$\frac{V_l}{q_j} B S T \frac{V_l}{q_k}, \quad (4)$$

где первая тройка символов –

$$\frac{V_l}{q_j} B - \quad (5)$$

характеризует событие, которое может сложиться в транспортном процессе, а вторая –

$$S T \frac{V_l}{q_k} - \quad (6)$$

отражает одну из возможных реакций транспортного оператора.

Под транспортным оператором понимают конечную совокупность транспортных операций, среди которых нет операций с одинаковыми начальными тройками. В целом совокупность указывает логическую операцию, которая может быть использована для управления транспортным процессом на каком-то шаге его развития.

Для рассмотрения всех возможных типов логических операций возможно использование множества D , которое характеризует реакции управляющего устройства q_j :

$$D = \{ST, RE, EX, R, L, R(S_k)\}, \quad (7)$$

где ST – команда на перемещение на один шаг по ходу движения; RE – команда изменения направления движения; EX – команда ожидания или остановки; R, L – команды на изменение направления движения соответственно направо и налево; $R(S_k)$ – команда на выполнение одного шага от зоны R к зоне S_k .

С целью сокращения объема описания сходных по поведению потоков (в перечисленном выше списке 16 различных видов пассажиропотоков) опишем только основные. Так, сходны по своему поведению пассажиропотоки V^1 и V^2 . Рассмотрим поведение потока V^2 (пассажиры, входящие в ТПУ через правый вход и двигающиеся в направлении входа на пассажирские платформы). Его описание будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} & \frac{V_i^2}{q_0^i} BST \frac{V_i^{2b}}{q_0^i}; \frac{V_i^{2b}}{q_0^i} Tl_1 L \frac{V_i^{2s}}{q_0^i}; \frac{V_i^{2s}}{q_0^i} Kl_1 R \frac{V_i^{2x}}{q_0^i}; \\ & \frac{V_i^{2x}}{q_0^i} BST \frac{V_i^{2x}}{q_0^i}; \frac{V_i^{2x}}{q_0^i} C_f EX \frac{V_i^{2x}}{q_0^i}; \frac{V_i^{2x}}{q_0^i} B(d) ST(d) \frac{V_i^{2x}}{q_0^i}, \end{aligned} \quad (8)$$

где b – фаза движения пассажира от правого входа до первого поворота налево; Tl_1 – линия, за которой пассажир поворачивает налево; s – фаза движения пассажира после поворота до первого поворота направо; Kl_1 – линия последней кассы, за которой пассажир поворачивает направо к какому-то из выходов; x – фаза движения пассажира после поворота до выхода на платформы.

Учитывая особенности планировочной структуры ТПУ «Минск-Пассажирский», можно предположить, что пассажиропотоку V^2 , следующему мимо касс к выходу на пассажирские платформы, при большой его величине необходимо следовать через очереди к кассам. Эта ситуация в описании потока моделируется следующим фрагментом:

$$\frac{V_i^{2x}}{q_0^i} C_f EX \frac{V_i^{2x}}{q_0^i}; \frac{V_i^{2x}}{q_0^i} B(d) ST(d) \frac{V_i^{2x}}{q_0^i}. \quad (9)$$

Совокупность выражений (10) характеризует поведение пассажиропотока C^3 (пассажиры, входящие в ТПУ через правый вход и следующие к кассам, а затем на пассажирские платформы):

$$\begin{aligned} & \frac{C_i^3}{q_0^i} BST \frac{C_i^{3b}}{q_0^i}; \frac{C_i^{3b}}{q_0^i} Tl_1 L \frac{C_i^{3s}}{q_0^i}; \frac{C_i^{3s}}{q_0^i} BST \frac{C_i^{3f}}{q_0^i}; \frac{C_i^{3s}}{q_0^i} Kl_1 R \frac{C_i^{3f}}{q_0^i}; \\ & \frac{C_i^{3f}}{q_0^i} BST(f) \frac{C_i^{3f}}{q_0^i}; \frac{C_i^{3f}}{q_0^i} C^h EX \frac{C_i^{3f}}{q_0^i}; \frac{C_i^{3f}}{q_0^i} B(d) ST(df) \frac{C_i^{3f}}{q_0^i}; \quad (10) \\ & \frac{C_i^{3f}}{q_0^i} K_f EX(t) \frac{C_i^{3h}}{q_0^i}; \frac{C_i^{3h}}{q_0^i} K_f R \frac{C_i^{3h}}{q_0^i}; \frac{C_i^{3h}}{q_0^i} BST(z) \frac{C_i^{3h}}{q_0^i}, \end{aligned}$$

где f – фаза движения пассажира от момента выбора кассы до покупки билета; C^{3f} – пассажиропоток, ожидающий обслуживания в очереди к кассе; K_f – касса с номером f ; $EX(t)$ – время, затрачиваемое кассиром на продажу билета; h – фаза движения пассажира после покупки билета и до турникетов.

В описании пассажиропотока C^3 пассажир после поворота направо к кассам принимает решение, к какой кассе он будет двигаться далее. Это решение он принимает, исходя из длины очереди перед каждой из касс, в соответствии со следующим выражением:

$$K_i = \min_f \{R_1, R_2, \dots, R_f\}, \quad (11)$$

где R_i – длина очереди перед i -й кассой, а пассажир выбирает для себя кассу с очередью минимальной среди f касс. После сделанного выбора C^{3s} преобразуется в символ C^{3f} , что обозначает начало новой фазы движения – движение $ST(f)$ к выбранной кассе f . Она продолжается до момента достижения «спины» последнего ожидающего билета пассажира в этой очереди.

Пассажир, находясь в очереди, не может делать полный шаг, так как зона перед ним занята. Тогда он начинает двигаться «потихоньку», делая неполный шаг. Если освобождается часть зоны размером $B(d)$, то и пассажир делает шаг соответствующего размера $ST(d)$. Виртуально в пространстве имеется множество сеток с различным шагом дискретизации d .

Наиболее простыми оказываются потоки прибывающих в ТПУ пассажиров, поскольку они не нагружены необходимостью решать какие-либо задачи, кроме одной –

выйти из ТПУ. Например, пассажиры W^1 , следующие от эскалатора с зала ожидания ТПУ на центральный выход:

$$\begin{aligned} & \frac{W_i^1}{q_0^i} BST \frac{W_i^{1b}}{q_0^i}; \frac{W_i^{1b}}{q_0^i} W_i^{1b} EX(r) \frac{W_i^{1b}}{q_0^i}; \frac{W_i^{1b}}{q_0^i} B(d) ST(d) \frac{W_i^{1b}}{q_0^i}; \quad (12) \\ & \frac{W_i^{1b}}{q_0^i} ESST \frac{W_i^{1b}}{q_0^i}; \frac{W_i^{1b}}{q_0^i} BST(z) \frac{W_i^{1b}}{q_0^i}, \end{aligned}$$

где $EX(r)$ – время, затрачиваемое пассажиром в ожидании входа на эскалатор; ES – линия начала эскалатора, работающего на спуск; e – индекс пассажира, покинувшего зал ожидания ТПУ «Минск-Пассажирский».

Формализованное описание пассажиропотоков ТПУ позволяет систематизировать представление о процессах, протекающих в нём, и проанализировать общие свойства транспортных систем, абстрагируясь от деталей, характерных для каждого отдельного вида транспорта или системы.

Формализованное описание пассажиропотоков ТПУ позволяет систематизировать представление о процессах, протекающих в нём, и проанализировать общие свойства транспортных систем, оставляя без внимания детали, характерные для каждого отдельного вида транспорта или системы.

Для реализации в виде модельного примера на компьютере использовался пакет имитационного моделирования AnyLogic Personal Learning Education (образовательная версия). При построении была задействована пешеходная библиотека AnyLogic, в которой пассажиры движутся в непрерывном пространстве, реагируя на различные виды препятствий в виде стен и других пассажиров. Логика работы имитационной модели ТПУ «Минск-Пассажирский» представлена на рисунке 3.

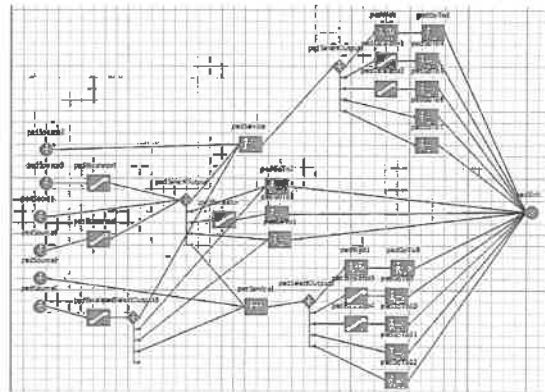


Рисунок 3 – Логическая структура работы имитационной модели ТПУ «Минск-Пассажирский»

На фрагменте анимации имитационной модели ТПУ «Минск-Пассажирский», приведенной на рисунке 4, моделируемое пространство представляет собой план 1-го этажа ТПУ «Минск-Пассажирский» ограниченное замкнутыми ломаными линиями, имитирующими стены, внутри которых расположены целевые линии – линии появления и поглощения пассажиропотоков, графические объекты, залы ожидания.

Пассажиры поступают в ТПУ с заданной (установленной по результатам обследования) или задаваемой интенсивностью пассажиропотоков в ТПУ «Минск-Пассажирский» для утреннего часа пик. В ходе выполнения эксперимента интенсивность поступления пассажиров может варьироваться в заданных пределах. Пассажиры, следующие на пересадку, попадают в ТПУ «Минск-Пассажирский» с трех входов, с метро (или тоннеля выходов на платформы), с конкорса.

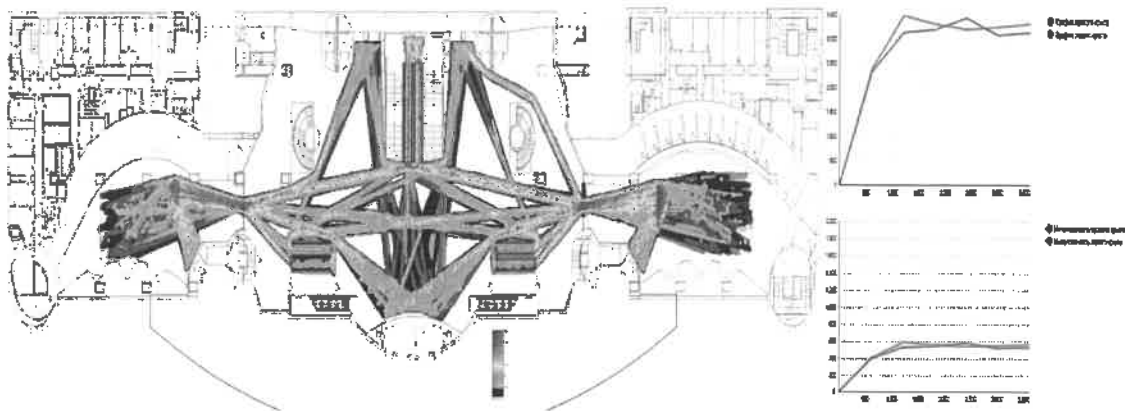


Рисунок 4 – Фрагмент анимации имитационной модели ТПУ «Минск-Пассажирский»: плотность пассажиропотоков в моделируемом пространстве ТПУ

В процессе построения модели особое внимание уделялось распределению пассажиропотоков по маршрутам следования внутри ТПУ. Пассажиры, поступающие в ТПУ, обладают определенными характеристиками: цель посещения ТПУ, наличие проездного документа на соответствующий вид транспорта и т. д. Исходя из этого пассажиры выбирают маршрут следования в моделируемом пространстве.

Во время работы модели отображается статистическая информация, характеризующая пассажиропотоки. Модель позволяет собирать статистику по интенсивности пассажиропотоков, проходящих в моделируемом пространстве через заданную линию (сечение), а также трафик – общее количество пассажиров, пересекающих заданную линию в заданном направлении (или в обоих направлениях) в единицу времени (в течение последнего часа).

Отобразить динамику моделируемого процесса функционирования ТПУ «Минск-Пассажирский» позволяет карта плотности пассажиропотоков, с её помощью можно обнаружить критические участки моделируемого пространства, на которых значение плотности пассажиропотоков становится максимальным.

Разработанная модель и модельный пример для вокзала Минск-Пассажирский позволяет изменять:

- интенсивность поступления пассажиров в помещения вокзала;
- расписание движения поездов региональных и городских линий;
- планировочное решение;
- число билетных касс и места размещения терминальных устройств;
- скорость движения пассажиров и их размеры;
- время нахождения пассажиров в залах ожидания и т. д.

Проведенное имитационное моделирование позволило оценить эффективность использования вокзальных помещений и исключить возможные затруднения в работе. В перспективе при изменении объемов и структуры пассажиропотоков, развитии перевозок пассажиров городскими

линиями использование методов моделирования позволит производить предварительную оценку технологических и проектных решений и выбирать из них оптимальные.

Аналогично рассмотренному модельному примеру на ТПУ «Минск-Пассажирский», разработанная методика и методология могут быть использованы при моделировании пассажиропотока любого другого ТПУ. Представленный методологический подход может быть использован также при моделировании пассажирских потоков внутри ж.-д. вокзалов и остановочных пунктов, вокзальных комплексов, привокзальных площадях вокзалов, ТПУ, сформированных при участии ж.-д. транспорта и метрополитена, в ТПУ с взаимодействием всех других видов транспорта.

Список литературы

- 1 Доенин, В. В. Моделирование транспортных процессов и систем / В. В. Доенин. – М. : Компания Спутник +, 2012. – 288 с.
- 2 Доенин, В. В. Логико-разностные модели транспортных процессов / В. В. Доенин. – М. : Компания Спутник +, 2008. – 276 с.
- 3 Холщевников, В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.10 / В. В. Холщевников. – М. : Московский инженерно-строительный институт, 1983. – 486 с.
- 4 Евреенова, Н. Ю. Моделирование пассажиропотоков в транспортно-пересадочных узлах / Н. Ю. Евреенова // Проблемы и перспективы развития транспорта : труды Междунар. науч.-практ. конф. В 2 т. Т. 2. – М. : МИИТ, 2013. – С. 95–102.
- 5 Моделирование пешеходных потоков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.simulation.su>. – Дата доступа : 11.09.2019.
- 6 Введение в моделирование пешеходных потоков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.anylogic.ru>. – Дата доступа : 11.09.2019.
- 7 Вакуленко, С. П. Моделирование пассажиропотоков в ТПУ / С. П. Вакуленко, В. В. Доенин, Н. Ю. Евреенова // Мир транспорта. – 2014. – № 4. – С. 124–131.

Получено 14.10.2019.

A. A. Erofeev, A. Yu. Ribichenok. Modeling of passenger flows in transport and transfer nodes.

The feasibility of applying mathematical modeling to assess the effectiveness of the functioning of transport and transfer nodes (TTN) is justified. The behavior of TTN passengers using metamodels is formalized. A methodology for modeling passenger flows in TTN using the AnyLogic simulation package has been developed. Management solutions are formulated that provide optimization of the movement of passengers in TTN. The stages of modeling are determined and a mathematical description of the behavior of passengers during movements inside the TTN is given. The logical structure of the TTN simulation model is developed. The results of modeling the movement of passenger traffic inside the «Minsk-Passenger» station are presented. Recommendations on the use of modeling techniques in assessing the effectiveness of TTN functioning are formulated.

УДК 656.222.04:629.4

В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, Е. А. ФЕДОРОВ, заведующий кафедрой, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, В. В. ЛАВИЦКИЙ, Е. А. ЗАВАДЦОВ, Белорусская железная дорога, г. Минск

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ПОЕЗДОПОТОКА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПО ПОСТОЯННОМУ РАСПИСАНИЮ НА УЧАСТКАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Единая технология перевозочного процесса на участках инфраструктуры железной дороги базируется на регламентации выполнения технологических операций в соответствии с установленной структурой заявленных поездов. В поездной работе организуется движение по постоянному и свободному расписанию. Исходя из тенденций изменения структуры поездопотока, управления перевозками, усиления принципа равного доступа к инфраструктуре следует адаптировать методы разработки графика движения поездов. Предлагаются методологические подходы к оценке структуры поездопотока, заявленного на участки инфраструктуры. Установлены составляющие потребных размеров грузовых поездов по постоянному и свободному расписанию при разработке графика движения поездов. Представлены отдельные свойства изменения структуры поездопотока как по назначению плана формирования, так и распределению поездов по времени предъявления для движения по участкам инфраструктуры, которые необходимо учитывать в организации поездной работы.

Применение технологии движения грузовых поездов по постоянному расписанию определяется множеством факторов и параметров, которые влияют на способ организации движения поездов по участкам инфраструктуры. К основным факторам можно отнести соответствие плана формирования (ПФ) и графика движения поездов (ГДП); неравномерность грузовых перевозок, в т. ч. устойчивость образования назначений ПФ и стабильность размеров движения поездов; оперативность взаимодействия участников перевозочного процесса при изменении параметров образования поездопотока [1, 3, 5].

Способы организации движения поездов по постоянному расписанию зависят от параметров поездопотоков, заявляемых перевозчиками оператору инфраструктуры для разработки сводного ГДП [3, 4, 8].

Оператор инфраструктуры должен реализовать в соответствии с технико-эксплуатационными возможностями инфраструктуры заявленные параметры следования поездов по участкам и техническим станциям, установленные в результате расчета ПФ каждого перевозчика, и обеспечить синергетический эффект единой технологии перевозочного процесса (ЕТПП) на полигоне железной дороги [5, 7].

К параметрам поездопотока, которые влияют на способ организации при разработке ГДП, относят категорию грузового поезда; маршрут следования; порядок обработки на технических станциях маршрута; нормы массы и длины заявленных поездов; маршрутную скорость; порядок (расписание) предъявления поездов на полигон инфраструктуры:

$$N_{(p,q)j}^{\text{ГДП}} = (z_k; (p; \{s_k\}; q); (Q, m)_{(p,q)j}; T_{(p,q)j}^p; \{T_{(p,q)j}^{s_k}\}; T_{(p,q)j}^D), \quad (1)$$

где z_k – кластер поездных заявок, к которому отнесена нитка ГДП; $(p; \{s_k\}; q)$ – маршрут следования по инфраструктуре; Q, m – нормы массы и длины для установленной категории грузового поезда ПФ j -го перевозчика; $T_{(p,q)j}^p$ – расписание (время) предъявления поезда на инфраструктуру; $T_{(p,q)j}^{s_k}$ – нормативное время на обслуживание поезда на технической станции маршрута сле-

дования; $T_{(p,q)j}^D$ – нормативное время следования i -го грузового поезда на маршруте в соответствии с установленными требованиями нормативно-правовых актов (НПА) и договором перевозки.

При прокладке в ГДП ниток постоянного расписания необходимо учитывать технические и технологические требования к движению поездов по маршрутам их следования по всему множеству взаимосвязанных объектов инфраструктуры, параметры ЕТПП на полигоне железной дороги и обеспечить требуемую эксплуатационную надежность ГДП оператора инфраструктуры [5, 6].

Применение постоянного расписания при организации движения заявленных перевозчиками грузовых поездов ограничивается уровнем технико-эксплуатационного развития объектов перевозочного процесса (железнодорожных станций и участков, локомотивов, вагонов и др.) и может быть оценено по издержкам при использовании ниток ГДП:

$$\sum N_{(p,q)j}^j (1 - \prod P_k^j) \bar{c}_j \leq C_{\max}, \quad (2)$$

где $N_{(p,q)j}^j$ – число грузовых поездов, организованных по постоянному расписанию, с участием объектов j -го участника перевозочного процесса; P_k^j – вероятность обеспечения следования поезда по k -му объекту j -го участника перевозочного процесса в соответствии с НПА; \bar{c}_j – средняя величина издержек, связанных с осуществлением поездной работы j -м участником перевозочного процесса по нитке ГДП; C_{\max} – допустимый размер издержек участниками перевозочного процесса, определяемый исходя из величины эффекта при переходе на движение поездов по постоянному расписанию.

В зависимости от способа организации движения, заявленный поездопоток целесообразно структурировать на подмножества по признаку прокладки ниток на полигоне инфраструктуры:

– с обязательным применением при разработке ГДП заявленных перевозчиками поездов постоянного расписания с учетом условий реализации и обеспечением синергетического эффекта участниками перевозочного процесса $N_{3,\text{пер}}^{\text{А.Р}}$;

– с применением при разработке ГДП постоянного расписания по заявке перевозчика и условию обеспечения экономической эффективности при реализации сквозной технологии пропуска таких поездов оператором инфраструктуры $N_{з.опер}^{н.р}$;

– без применения при разработке ГДП постоянного расписания в связи с невозможностью выполнения целевых параметров процессов поездообразования, ЕТПП и увеличением издержек при организации движения поездов постоянного расписания в ГДП ($N_{з.пер}^{с.р}$, $N_{з.опер}^{с.р}$):

$$N_{заявл}^{ГДП} = N_{з.пер}^{н.р} + N_{з.опер}^{н.р} + N_{з.пер}^{с.р} + N_{з.опер}^{с.р} \quad (3)$$

Количество заявленных ниток перевозчиками для организации движения грузовых поездов на участке инфраструктуры

$$N_{з.ГДП}^{ГДП} = N_{з.пер}^{н.р} + N_{з.пер}^{с.р} \quad (4)$$

где $N_{з.пер}^{н.р}$, $N_{з.пер}^{с.р}$ – соответственно заявленные нитки ГДП для организации движения поездов по постоянному и свободному расписанию.

Заявленные нитки для организации движения по постоянному расписанию образуются за счет ядра грузовых поездов: маршрутов с мест погрузки, технологических, контейнерных, контрейлерных, ускоренных, порожних маршрутов операторов подвижного состава и т. п., ядра сквозных грузовых поездов, местных поездов:

$$N_{ГДП}^{н.р} = N_{я.м}^{н.р} + N_{я.скв}^{н.р} + N_{м.п}^{н.р} \quad (5)$$

где $N_{я.м}^{н.р}$, $N_{я.скв}^{н.р}$, $N_{м.п}^{н.р}$ – соответственно число ниток ядра грузовых поездов: маршрутов, сквозных, местных.

Параметры ниток графика движения поездов постоянного расписания устанавливаются на основе тяговых расчетов исходя из расчетных значений веса и длины для каждого заявленного грузового поезда ($(Q_i, m_i)_{(p,q)}$) в соответствии с ПФ.

Заявленные нитки для организации движения по свободному расписанию образуются за счет факультативных и дополнительных грузовых поездов: маршрутов с мест погрузки, технологических, контейнерных, контрейлерных, ускоренных, порожних маршрутов операторов подвижного состава и т. п.), сквозных грузовых поездов, местных поездов:

$$N_{ГДП}^{с.р} = N_{т.рез}^{с.р} = N_{фак}^{с.р} + N_{доп}^{с.р} = N_{р.м}^{с.р} + N_{р.скв}^{с.р} + N_{р.м.п}^{с.р} \quad (6)$$

где $N_{т.рез}^{с.р}$ – технологический резерв ниток в ГДП при организации грузового движения; $N_{фак}^{с.р}$, $N_{доп}^{с.р}$ – количество заявленных факультативных и дополнительных грузовых поездов в ГДП; $N_{р.м}^{с.р}$, $N_{р.скв}^{с.р}$, $N_{р.м.п}^{с.р}$ – соответственно число факультативных и дополнительных ниток грузовых поездов: маршрутов, сквозных, местных.

Параметры ниток графика поездов свободного расписания устанавливаются на основе тяговых расчетов для поездов унифицированного веса и длины для всей совокупности заявленных грузовых поездов соответствующего кластера ((Q_i, m_i)).

Потребное количество ниток ГДП сравнивается с наличной пропускной способностью участка инфраструктуры и техническим резервом пропускной способности:

$$N_{ГДП}^{н} \leq N_{н}^{н.р} - \Delta N_{н}^{т.рез}, \quad (7)$$

где $N_{н}^{н.р}$ – наличная пропускная способность участка инфраструктуры для установленного способа организации движения грузовых поездов; $\Delta N_{н}^{т.рез}$ – технический резерв пропускной способности участка инфраструктуры для обеспечения восстановления поездной работы при отказах технических устройств и подвижного состава, препятствующих движению поездов.

Общее количество заявленных ниток $N_{ГДП}^{н}$ в графике движения поездов варьируется в следующих пределах:

– среднесуточные размеры поездопотока в месяце минимальных перевозок – $(N_{ядр}^{н} + \min N_{фак}^{н})$;

– среднесуточные размеры поездопотока в среднем за год – $(N_{ядр}^{н} + \max N_{фак}^{н} + \min N_{доп}^{н})$;

– среднесуточные размеры поездопотока в месяце максимальных перевозок – $(N_{ядр}^{н} + \max N_{фак}^{н} + \max N_{доп}^{н})$.

Размеры поездопотока в ГДП корректируются оператором инфраструктуры на основе анализа исполненных поездопотоков на технических станциях и участках инфраструктуры по каждому назначению плана формирования. При помощи специальных юниверсов Business object, сформированных на основании ИАС ПУР ГП производится анализ мощности и устойчивости грузо- и вагонопотока, а также идентифицируются поездопотоки, продвижение которых можно организовать по постоянному расписанию [2]. В число корреспонденций вагонопотока, которые можно организовать в поезда по постоянному расписанию, целесообразно включать назначения, среднесуточная мощность которых в месяце минимальных перевозок (для этих назначений) – не менее одного состава в сутки либо на одну нитку ГДП можно организовать несколько назначений ПФ, имеющих устойчивую регулярность по отдельным дням.

По полученным данным производится анализ:

– выполненных поездопотоков по назначениям ПФ перевозчиков по направлениям движения (четному и нечетному);

– выполненных общих поездопотоков на каждом участке инфраструктуры по категориям назначений ПФ (устанавливают все поезда, с которыми на технических станциях выполняются операции по техническому и коммерческому осмотру, смене локомотивных бригад и локомотивов, формированию или расформированию).

В результате анализа устанавливается распределение среднесуточной мощности поездопотока для каждого назначения ПФ по месяцам за год и по суткам за максимальный месяц. Одновременно устанавливаются параметры веса и длины поездов по каждому назначению ПФ, а также дифференциация грузовых поездов в пределах одного назначения ПФ при разнообразной структуре грузопотока.

На основе анализа поездопотока производится корректировка категорий поездов по постоянному расписанию и по каждой категории рассчитывается количество ниток и поездов на участках инфраструктуры с учетом возможности использования в отдельные сутки месяца свободных ниток поездов постоянного расписания для пропуска поездов, заявленных перевозчиком по свободному расписанию.

Общее число поездов ($N_{ГДП}^{н}$) на участках инфраструктуры определяется суммой всех поездов по назначениям ПФ, организованных по постоянному расписанию на этих участках.

При несоответствии потребных размеров наличной пропускной способности на участках инфраструктуры, входящих в маршрут следования заявленных корреспонденций по специальным ниткам, число ниток постоянного расписания в ГДП может не обеспечивать пропуск отдельных заявленных корреспонденций на таких участках. В связи с этим после производства расчетов потребной пропускной способности осуществляется дополнительная корректировка числа ниток графика по постоянному расписанию каждого j -го назначения ПФ по всему маршруту ее следования.

На участках инфраструктуры оценка резерва пропускной способности при организации движения поездов по постоянному расписанию должна производиться с учетом структуры грузовых поездов, следующих по свободному и постоянному расписанию, которые можно учесть посредством параметров (Q_j, m_j) и параметров скорости движения поездов (v_j) , которые вызывают изменения коэффициентов съема (ξ_j) поездов [1]:

$$\min \Delta N_{\text{уч}}^{\text{рес}} = N_{\text{н}} - N_{\text{н}}^{\text{п.р}} - N_{\text{н}}^{\text{с.р}} - N_{\text{н}}^{\text{н.с.}}, \quad (8)$$

где $N_{\text{н}}$ – наличная пропускная способность участка железнодорожной инфраструктуры, установленная для унифицированных значений грузовых поездов; $N_{\text{н}}^{\text{п.р}}$, $N_{\text{н}}^{\text{с.р}}$, $N_{\text{н}}^{\text{н.с.}}$ – соответственно потребная пропускная способность для обеспечения движения грузовых поездов по постоянному и свободному расписанию, а также пассажирских поездов различных категорий.

Значения коэффициентов съема (ξ_j) устанавливаются по каждой категории грузового и пассажирского поезда, которые характеризуют уникальными параметрами, заявленными перевозчиками и вызывающие иные условия пропуска по сравнению с поездами унифицированного веса и длины (Q_j, m_j) :

$$N_{\text{н}}^{\text{п.р}} = \sum_{j=1}^k N_{\text{н.п.р}}^{\text{п.р}} \xi_{\text{н.п.р}}^{\text{п.р}} + \sum_{j=1}^k N_{\text{н.с.р.п}}^{\text{п.р}} \xi_{\text{н.с.р.п}}^{\text{п.р}} + \sum_{j=1}^k N_{\text{н.л.п}}^{\text{п.р}} \xi_{\text{н.л.п}}^{\text{п.р}}; \quad (9)$$

$$N_{\text{н}}^{\text{с.р}} = \sum_{j=1}^k N_{\text{н.п.р}}^{\text{с.р}} \xi_{\text{н.п.р}}^{\text{с.р}} + \sum_{j=1}^k N_{\text{н.с.р.п}}^{\text{с.р}} \xi_{\text{н.с.р.п}}^{\text{с.р}} + \sum_{j=1}^k N_{\text{н.л.п}}^{\text{с.р}} \xi_{\text{н.л.п}}^{\text{с.р}}; \quad (10)$$

$$N_{\text{н}}^{\text{н.с.}} = \sum_{j=1}^k N_{\text{н.л.п}}^{\text{н.с.}} \xi_{\text{н.л.п}}^{\text{н.с.}} + \sum_{j=1}^k N_{\text{н.п.р}}^{\text{н.с.}} \xi_{\text{н.п.р}}^{\text{н.с.}} + \sum_{j=1}^k N_{\text{н.с.р.п}}^{\text{н.с.}} \xi_{\text{н.с.р.п}}^{\text{н.с.}}, \quad (11)$$

где ξ_j – коэффициент съема грузовыми и пассажирскими поездами ниток графика с унифицированными параметрами расчета пропускной способности участка инфраструктуры (Q_j, m_j) ; $N_{\text{н.л.п}}^{\text{п.р}}$, $N_{\text{н.п.р}}^{\text{п.р}}$, $N_{\text{н.с.р.п}}^{\text{п.р}}$ – соответственно размеры движения международных, межрегиональных и региональных пассажирских поездов различных категорий; k – количество категорий грузовых и пассажирских поездов, организованных в ГДП участка инфраструктуры.

На технических станциях ограничения наличной пропускной способности при организации движения поездов по постоянному расписанию оцениваются использованием бюджета времени обслуживания поездов с учетом обработки более приоритетных поездов:

$$\min \Delta N_{\text{т.с}}^{\text{рес}} = \frac{T_{\text{в}} k_{\text{с.п}} - \sum_{j=1}^k N_{\text{т.с.}}^{\text{ГДП}} t_{\text{т.с.}}^{\text{ГДП}}}{t_{\text{зан}}}, \quad (12)$$

где $T_{\text{в}}$ – бюджет времени обслуживания поездов на станционных путях; $k_{\text{с.п}}$ – число станционных путей специализированных для обслуживания грузовых и пассажирских поездов различных категорий; $N_{\text{т.с.}}^{\text{ГДП}} t_{\text{т.с.}}^{\text{ГДП}}$ – продолжительность стоянок поездов j -й категории на технической станции в соответствии с технологическим процессом работы станции; $t_{\text{зан}}$ – время занятия станционного пути грузовым (пассажирским) поездом с унифицированными параметрами, принятыми для расчета пропускной способности парков технической станции.

Оценка устойчивости движения грузовых поездов по ниткам ГДП оценивается по назначениям ПФ и предъявления данного назначения в интервале времени в течение суток. Например, вероятность отправления поездов, предусмотренных в ПФ Белорусской железной дороги, и их распределение по периодам времени ГДП на одном из участков, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение назначений ПФ по периодам ГДП

Период	Назначение поезда	Количество поездов	Доля от общего числа поездов, %
0-1	Брест-Вост. – Алтыньколь	1	6,67
	Брест-Вост. – Минск-Сорт.	2	13,33
	Брест-Северный – Алтыньколь	2	13,33
	Брест-Северный – Достык	1	6,67
	Брест-Северный – Костанай	2	13,33
	Брест-Северный – Минск-Сорт.	2	13,33
	Ситница – Минск-Сорт.	3	20
1-2	Ситница – Орша-Западная	1	6,67
	Ситница – Смоленск-Сорт.	1	6,67
	Барановичи-Ц. – Калининград-С.	1	5
	Брест-Вост. – Алтыньколь	2	10
	Брест-Вост. – Калининград-Сорт.	1	5
	Брест-Вост. – Минск-Сорт.	2	10
	Брест-Вост. – Смоленск-Сорт.	2	10
	Брест-Северный – Минск-Сорт.	1	5
	Брест-Северный – Наушки	1	5
	Волковыск – Минск-Сорт.	2	10
...	Ситница – Минск-Сорт.	4	20
	Ситница – Орша-Западная	4	20
23-24	Брест-Вост. – Алтыньколь	2	8,7
	Брест-Вост. – Колядичи	1	4,35
	Брест-Вост. – Смоленск-Сорт.	2	8,7
	Брест-Северный – Достык	5	21,74
	Брест-Северный – Колядичи	1	4,35
	Брест-Северный – Наушки	1	4,35
	Брест-Сев. – Нижний Новгород	1	4,35
	Брест-Северный – Перспективная	1	4,35
	Лунинец – Минск-Сорт.	1	4,35
	Ситница – Минск-Сорт.	5	21,74
	Ситница – Орша-Западная	3	13,04

Анализ движения поездов по суточным периодам (в примере – часовой период), позволяет определить потенциал назначений ПФ для движения по постоянному расписанию и устойчивость их образования на маршрутах следования и участках инфраструктуры железной дороги. Расчетный период времени может варьироваться в зависимости от интенсивности движения гру-

зовых поездов. Минимально значимый период составляет 10 минут на грузонапряженных участках.

Характер почасового распределения грузовых поездов на участках инфраструктуры может быть представлен в виде гистограммы, показывающей зависимость количества грузовых поездов от времени использования

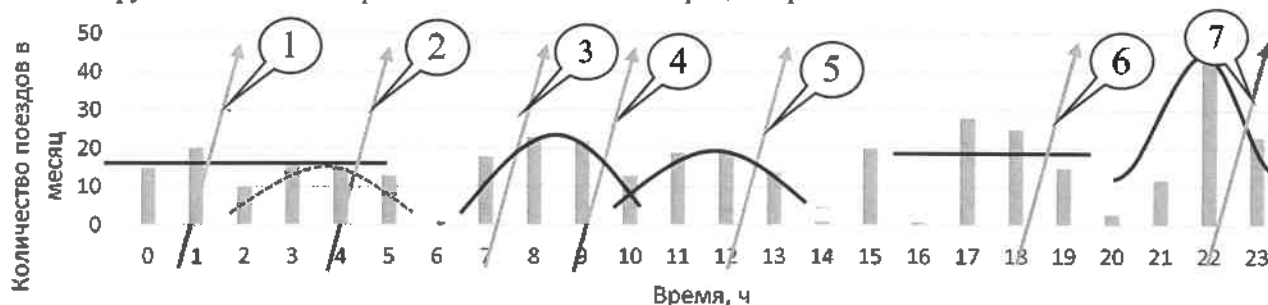


Рисунок 1 – Оценка почасового распределения прокладки «ниток» для организации движения грузовых поездов по постоянному расписанию на двухпутном участке инфраструктуры

Диаграмма использования ниток графика движения поездов на двухпутном участке инфраструктуры представлена на рисунке 2. На основе распределения отправления поездов по ниткам можно установить наиболее вероятные нитки ГДП для организации движения грузовых поездов по постоянному расписанию на участке. Зоны устойчивого образования ниток графика движения грузовых поездов анализируются по назначениям плана формирования на всем маршруте следования назначения по каждому участку инфраструктуры. Это позволяет осуществить увязку сквозных ниток графика на смежных участках инфраструктуры, образуя

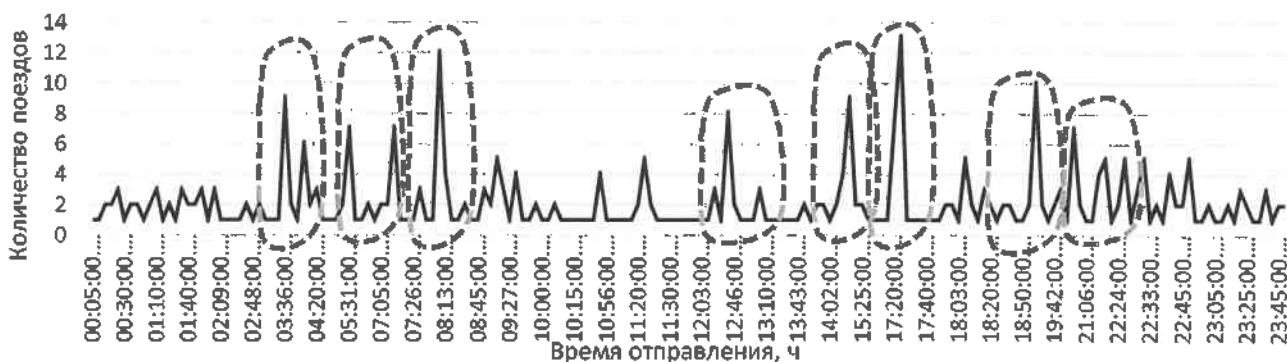


Рисунок 2 – Диаграмма использования ниток ГДП на двухпутном участке инфраструктуры

Оценку качества организации движения поездов по постоянному расписанию в ГДП можно проводить по системе показателей, характеризующих использование ниток постоянного расписания в соответствии с заявленными перевозчиками признаками.

Доля в ГДП специализированных ниток для пропуска грузовых поездов по постоянному расписанию, которые реализованы за расчетный период (сутки, месяц, год) может быть установлена по отношению:

– к наличным размерам движения грузовых поездов, специализированных в ГДП для пропуска по постоянному расписанию:

$$\alpha_{п.р.}^{спец} = \frac{N_{(p,q)}^{п.р.}(T_1, T_2, \dots, T_n)}{N_{п.р.}^{ГДП}}, \quad (13)$$

нитки графика в расчетном периоде на участке инфраструктуры (рисунок 1). При оценке распределения поездов необходимо учитывать категорию поезда, в том числе местные поезда, которые, как правило, имеют более стабильное выполнение графика движения по периодам времени.

ших расчетный полигон ЕТПП. При отсутствии сквозного поезда постоянного расписания нитки будут использоваться для пропуска поездов по свободному расписанию: сквозных или участковых.

Основным технологическим параметром, связывающим сквозные нитки ГДП смежных участков, является продолжительность выполнения обслуживания транзитных поездов на технических станциях полигона ЕТПП с учетом необходимого комплекса операций (технического и коммерческого обслуживания вагонов, эксплуатации локомотивов, таможенного и пограничного контроля и т. п.).

где $N_{(p,q)}^{п.р.}(T_1, T_2, \dots, T_n)$ – реализованные в ГДП и ниток (T_1, T_2, \dots, T_n) по постоянному расписанию; $N_{п.р.}^{ГДП}$ – наличные размеры движения грузовых поездов, специализированные в ГДП для пропуска по постоянному расписанию;

– к наличным размерам движения грузовых поездов, заложенных в ГДП:

$$\alpha_{п.р.}^{ГДП} = \frac{N_{(p,q)}^{п.р.}(T_1, T_2, \dots, T_n)}{N^{ГДП}}, \quad (14)$$

где $N^{ГДП}$ – наличные размеры движения грузовых поездов в ГДП.

Оценка использования ниток постоянного расписания может быть произведена в целом по участку инфра-

структуры, а также по каждому перевозчику или иному участнику перевозочного процесса.

При использовании каждой i -й специализированной нитки постоянного расписания для организации движения поездов по постоянному и свободному расписанию устанавливается:

– вероятность использования i -й специализированной нитки к общему количеству пропущенных поездов:

$$P_{n.p}^{c.n}(T_i) = \frac{N_{(p,q)}^{n.p}(T_i)}{N^{ГДП}(T_i)}, \quad (15)$$

где $N_{(p,q)}^{n.p}(T_i)$ – количество грузовых поездов постоянного расписания, пропущенных по специализированной для данного назначения ($p; q$) в ГДП нитке за анализируемый период (месяц, квартал, полугодие, год); $N^{ГДП}(T_i)$ – общее количество грузовых поездов, пропущенных по нитке T_i за анализируемый период;

– вероятность использования i -й специализированной нитки к общему количеству ниток в календарном периоде:

$$P_{n.p}^{c.n}(T_i) = \frac{N_{(p,q)}^{n.p}(T_i)}{n_{n.p}^{ГДП}(T_i)}, \quad (16)$$

где $n_{n.p}^{ГДП}(T_i)$ – общее количество ниток T_i , предусмотренных в календарном периоде.

Данная вероятностная оценка характеризует устойчивость реализации специализированной нитки ГДП, а также устойчивость движения грузовых поездов в отдельный момент суток.

Для оценки использования инфраструктуры может быть применен коэффициент использования пропускной способности инфраструктуры:

– по отношению к наличной пропускной способности, установленной для поездов постоянного расписания:

$$\gamma_{n.p}^{спец} = \frac{N_{(p,q)}^{n.p}(T_1, T_2, \dots, T_n)}{N_n^{n.p}}, \quad (17)$$

где $N_n^{n.p}$ – наличная пропускная способность, установленная на участке инфраструктуры для пропуска грузовых поездов постоянного расписания;

– по отношению к наличной пропускной способности:

$$\gamma_{n.уч}^{спец} = \frac{N_{(p,q)}^{n.p}(T_1, T_2, \dots, T_n)}{N_n^{уч}}, \quad (18)$$

где $N_n^{уч}$ – наличная пропускная способность установленная на участке инфраструктуры.

Совершенствование способов организации движения поездов постоянного расписания необходимо выполнять на основе системной оценки структурного со-

ответствия ЕТПП, ГДП, ПФ перевозчиков, поездных заявок клиентов, а также структуры и параметров поездных назначений различных категорий на расчетном полигоне инфраструктуры. Анализ структуры поездопотока на участках инфраструктуры показывает, что присутствует высокий уровень неопределенности предъявления грузовой массы к перевозкам, перемещения порожних вагонов операторов, образования поездов перевозчиков на участках инфраструктуры, имеются эксплуатационные риски невыполнения установленных параметров реализации поездных заявок в ГДП. Исходя из этого структура ниток в ГДП должна определяться в зависимости от реальных поездных заявок, уровня готовности участников перевозочного процесса и инфраструктуры к реализации технологии обслуживания поездов различных категорий, предусмотренных назначениями ПФ перевозчиков.

Список литературы

- 1 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.
- 2 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.
- 3 Федоров, Е. А. Методологические основы реализации планов формирования поездов перевозчиков в графике движения поездов на полигоне инфраструктуры / Е. А. Федоров // Вестник ВНИИЖТ. – 2018. – № 2. – С. 92–97.
- 4 Ерофеев, А. А. Интеллектуальное управление перевозочным процессом / А. А. Ерофеев // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 4. – С. 74–77.
- 5 Бородин, А. Ф. О ходе работы «Переход на новую технологию управления движением поездов по расписанию на опытных полигонах» в рамках приоритетного направления «Разработка технологии эксплуатационной деятельности холдинга «РЖД», обеспечивающей достижение целевых экономических параметров на базе процессорных моделей» / А. Ф. Бородин // Объединенный ученый совет ОАО «РЖД»: Бюллетень 6. – М. : РЖД, 2011. – С. 3–21.
- 6 Потенциал применения твердого графика движения грузовых поездов при использовании различных моделей рынка железнодорожных перевозок / А. Г. Котенко // Известия ПГУПС. – 2012. – № 2. – С. 31–36.
- 7 Концепция интегрированной технологии управления движением грузовых поездов по расписанию : утв. ОАО РЖД 16.03.11. – М. : ОАО РЖД, 2011.
- 8 Котенко А. Г. О создании информационных технологий организации движения грузовых поездов по графиковым расписаниям / А. Г. Котенко, Г. М. Грошев // Интеллектуальные системы на транспорте : материалы Первой международной науч.-практ. конф. «Интеллекттранс-2011» / под ред. д-ра техн. наук, профессора А. А. Корниенко. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2011. – С. 183–191.

Получено 15.09.2019

V. G. Kuznetsov, E. A. Fedorov, V. V. Lavitsky, E. A. Zavadtsov. Assessment of the structure of train traffic in the organization of freight trains on a regular schedule on the railway infrastructure.

The unified technology of the transportation process in the railway infrastructure sections is based on the regulation of technological operations in accordance with the established structure of the declared trains. In the train work, the movement is organized on a constant and free schedule. Based on the trends in the structure of train traffic, traffic management, strengthening of the principle of equal access to infrastructure, methods for the development of train schedules should be adapted. Methodological approaches to the assessment of the structure of train traffic declared for infrastructure sites are proposed. The components of the required dimensions of freight trains on a constant and free schedule in the development of the train schedule are established. Some properties of changes in the structure of train traffic are presented both for the purposes of the formation plan and the distribution of trains by the time of presentation for movement on the infrastructure sections that need to be taken into account in the organization of train work.

УДК 656

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Проводится анализ существующей технологии перевозок грузов. Разработаны логистические схемы их доставки с использованием специализированных контейнеров. Предложена методика технико-экономического сравнения различных вариантов доставки грузов. Выполнены расчеты эффективности перевозки нефтепродуктов в танк-контейнерах.

В настоящее время для перевозки грузов используются преимущественно универсальные контейнеры [1–4]. Для расширения сферы контейнерных перевозок предлагается более широко использовать специализированные контейнеры [5, 6]. Это позволит ускорить доставку материалов, сырья и товаров потребителям с использованием мультимодальных технологий и наиболее эффективных видов транспорта. Для обоснования эффективности использования специализированных контейнеров необходимо решить следующие задачи:

- разработать мероприятия по совершенствованию технологии контейнерных перевозок;
- рассчитать потребность в техническом обеспечении контейнерных перевозок грузов;
- оценить ожидаемые показатели эффективности развития контейнерных перевозок грузов.

Основная доля перевозок грузов железнодорожным транспортом и другими видами транспорта приходится на нефтепродукты, минеральные удобрения, цемент, хлебные грузы, комбикорма, строительные и прочие грузы. Эти грузы относятся к массовым, и в значительной степени определяют возможности для развития перевозок грузов в специализированных контейнерах. Имеющийся потенциал контейнерных перевозок грузов рекомендуется использовать поэтапно по мере обеспечения технических и технологических предпосылок.

На первом этапе целесообразно организовать перевозку нефтепродуктов с нефтеперерабатывающих заводов в специализированных танк-контейнерах. На втором этапе рекомендуется организовать перевозку в контейнерах минеральных удобрений, для чего целесообразно организовать выпуск контейнеров-дозаторов для загрузки минеральных удобрений в сельскохозяйственные машины по внесению удобрений. На последующих этапах необходимо реализовать мероприятия по организации перевозок цемента, хлебных грузов, комбикормов, строительных и прочих грузов в контейнерах.

Технология контейнерных перевозок грузов должна разрабатываться вначале для каждого отдельно взятого груза с последующим созданием комплексной технологической системы. Для перевозки нефтепродуктов в специализированных танк-контейнерах необходимо назначать ускоренные контейнерные поезда с нефтеперерабатывающих заводов в крупные промышленные центры. Ускоренные контейнерные поезда должны прокладываться в ночное время с таким расчетом, чтобы срок доставки грузов составлял не более 1–2 суток. При этом в крупных промышленных центрах при наличии средств перегрузки танк-контейнеров должно отцепляться соответствующее количество платформ с танк-

контейнерами, а при отсутствии средств перегрузки эти операции должны выполняться краном, включенным в состав контейнерного поезда. Аналогичную технологию можно использовать для доставки потребителям минеральных удобрений, сельскохозяйственных грузов, цемента и других грузов с соответствующих пунктов их зарождения. При этом для уменьшения трудоемкости маневровых операций с вагонами в начальных и промежуточных пунктах маршрута следования рекомендуется использовать рациональную заадресовку груза по станциям назначения после погрузки контейнеров. Для технического обеспечения контейнерных перевозок грузов необходимы в достаточном количестве:

- универсальные и специализированные контейнеры различного назначения;
- фитинговые платформы для перевозки контейнеров железнодорожным транспортом;
- автомобили-контейнеровозы для доставки контейнеров потребителям грузов (при этом особое внимание необходимо уделять приобретению самопогрузчиков и саморазгрузчиков контейнеров);
- средства механизации перегрузочных операций с контейнерами на стационарных грузовых постах, а также включаемые в состав контейнерных поездов.

С целью осуществления контроля дислокации и использования контейнеров необходимо на каждый контейнер установить устройства, позволяющие отслеживать его местонахождение и состояние (груженный, порожний и направление следования) с помощью спутниковых навигационных систем. Для планирования работы контейнерного парка целесообразно разработать соответствующее компьютерное программное обеспечение.

Потребность в технических средствах контейнерных перевозок грузов зависит:

- от объема перевозок грузов определенной номенклатуры;
- принятой технологии доставки грузов потребителям;
- показателей использования контейнеров и других транспортных средств (железнодорожных платформ, контейнеровозов);
- производительности средств механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Потребность в техническом обеспечении контейнерных перевозок определяется в несколько этапов:

- а) рассчитывается ежесуточный объем перевозок, т, по формуле

$$P_{\text{сут}} = \frac{P_{\text{год}}}{365},$$

где $P_{\text{год}}$ – годовой объем перевозок грузов соответствующей категории.

Таким образом, при объеме перевозок 6 млн т нефтепродуктов в год ежедневно необходимо отправлять с нефтеперерабатывающих заводов $6000000 / 365 = 16450$ т;

б) определяется количество специализированных контейнеров, которые ежедневно необходимо загружать и отправлять с погрузочных пунктов,

$$n_k = \frac{P_{\text{сут}}}{q\gamma},$$

где q – грузоподъемность одного специализированного контейнера; γ – коэффициент использования грузоподъемности специализированного контейнера.

Если в один танк-контейнер загружать 20 т, то ежедневно потребуется грузить 823 единицы;

в) суммарное потребное количество специализированных контейнеров и транспортных средств зависит от времени их оборота на маршруте Θ и рассчитывается по формуле

$$\sum N_k = n_k \Theta.$$

С данным количеством контейнеров связано потребное число фитинговых платформ, автомобилей-контейнеровозов и средств механизации перегрузочных работ.

Допустим, что в среднем оборот одного танк-контейнера составляет 3 суток, из них 2,5 суток он находится в контейнерных поездах и 0,5 суток – на автотранспортных средствах в процессе развоза нефтепродуктов по автозаправочным станциям. Тогда общая потребность в танк-контейнерах составит $823 \cdot 3 = 2469$ ед. При погрузке на одну железнодорожную платформу двух танк-контейнеров потребуется не менее $2469 / 2 = 1235$ фитинговых платформ для обеспечения перевозок. Ежедневно на автозаправочные станции необходимо доставлять 823 танк-контейнера. Если принять производительность одного контейнеровоза два танк-контейнера в сутки, то для доставки всех танк-контейнеров потребуется 412 контейнеровоза. В сутки потребуется выполнить не менее 1646 грузовых операций с танк-контейнерами. При производительности одного погрузочно-разгрузочного механизма в 50 танк-контейнеров в сутки потребуется использовать около 33 механизмов. Для доставки потребителям 6 млн т нефтепродуктов на Белорусской железной дороге должно ежедневно находиться в обращении около 20 ускоренных контейнерных поездов. При росте объемов перевозок грузов в контейнерах пропорционально увеличивается потребность в технических средствах для их организации. Для удовлетворения потребностей в технических средствах контейнерных перевозок рекомендуется:

– наладить выпуск на Минском автомобильном заводе самопогружающихся и саморазгружающихся полуприцепов-контейнеровозов;

– расширить спектр выпускаемых контейнеров на Осиповичском вагоностроительном заводе за счет производства контейнеров-цементовозов, рефрижераторных контейнеров, контейнеров-минераловозов и контейнеров дозаторов, универсальных контейнеров с боковыми дверными проемами, контейнеров для перевозки опасных грузов;

– выполнить технико-экономические обоснования и создать мощности по производству в республике фитинговых платформ, в том числе двухосных, а также средств механизации погрузочно-разгрузочных работ с контейнерами.

При решении задач технического обеспечения контейнерных перевозок грузов требуется использовать принцип системного подхода и концентрации капитальных вложений на отдельных железнодорожных направлениях при поэтапном их развитии.

Решение задач инвестиционного обеспечения развития контейнерных перевозок требует выполнения технико-экономических обоснований рациональных этапов модернизации железнодорожных направлений для пропуска ускоренных контейнерных поездов. Для снижения инвестиций необходимо провести тщательное обследование существующих провозных способностей направлений и определить необходимые капиталовложения в реконструкцию путевого развития, создание контейнерных терминалов, а также определить имеющиеся в настоящее время возможности по пропуску ускоренных контейнерных поездов без дополнительных инвестиций. В дальнейшем после проведения модернизации железнодорожных направлений и увеличении объемов контейнерных перевозок дополнительные инвестиции потребуются лишь для приобретения транспортных средств и погрузочно-разгрузочной техники.

Результаты расчетов капитальных вложений показывают, что для организации контейнерных перевозок 6 млн т нефтепродуктов в год в Республике Беларусь необходимы дополнительные единовременные капиталовложения в размере 170,6 млн дол. США. Удельные инвестиции на организацию перевозок в контейнерах 1 млн т нефтепродуктов в год в этом случае составят 28,4 млн дол. США. В случае если государственный бюджет не сможет выделить необходимые средства в развитие контейнерных перевозок нефтепродуктов, то возможно привлечение частных инвестиций посредством создания предприятия по транспортировке и оптовой реализации нефтепродуктов. Рассчитанные выше удельные инвестиции в организацию контейнерных перевозок нефтепродуктов будут примерно такими же и для других категорий грузопотоков, подлежащих контейнеризации.

Эффективность развития внутриреспубликанских контейнерных перевозок грузов проявляется:

– в высвобождении подвижного состава, используемого в настоящее время для перевозок грузов внутри республики, и переключении его на перевозку внешне-торговых грузов;

– сокращении объема перегрузочных операций с грузами по всей логистической цепочке их доставки;

– уменьшении длительности маневровых операций при подаче вагонов в пункты выгрузки и уборке их после проведения соответствующих операций;

– сокращении потребности в складских помещениях, так как контейнер можно использовать для временного хранения грузов;

– ускорении доставки грузов потребителям за счет сокращения длительности перегрузочных операций и маневровой работы с вагонами.

Для ежедневной доставки 16450 т нефтепродуктов в настоящее время необходимо ежедневно загружать

$16450 / 60 = 275$ цистерн. По отчетным данным Белорусской железной дороги оборот вагона в местном сообщении составляет около 5 суток. Следовательно, для доставки всего объема нефтепродуктов потребуется $275 \cdot 5 = 1375$ цистерн. При стоимости одной цистерны, равной 95000 дол. высвобождающийся объем инвестиций составит около 130 млн дол. США.

При существующей системе доставки нефтепродуктов потребителям требуется выполнить операции по освобождению железнодорожных цистерн от груза на нефтебазах и загрузку автомобилей-бензовозов нефтепродуктами для транспортировки на автозаправочные станции. Эти операции весьма трудоемкие и занимают значительное время. Если принять, что на слив одной тонны нефтепродуктов затрачивается 0,7 дол. США, общие затраты на выгрузку железнодорожных цистерн на нефтебазах составят 4,2 млн дол. США в год. Затраты на загрузку автомобилей-бензовозов на нефтебазах будут более значительными, так как для выполнения этой операции требуется дополнительно использовать электроэнергию. Если принять, что на загрузку одной тонны нефтепродуктов в автомобиль-бензовоз затрачивается 1,05 дол. США, то затраты на загрузку бензовозов составят 6,3 млн дол. США в год.

Таким образом, суммарные затраты на грузовые операции с нефтепродуктами на нефтебазах составят 10,5 млн дол. США в год. При использовании контейнерной технологии доставки нефтепродуктов потребителям затраты на перегрузку одного 20-тонного контейнера составят 6,95 дол. США, т. е. на одну тонну – 0,35 дол. США. Следовательно, при доставке 6 млн т нефтепродуктов в год суммарные затраты на перегрузку контейнеров будут равны 2,1 млн дол. США.

В настоящее время концерн «Белнефтехим» владеет в республике 45 нефтебазами. При одной подаче в сутки железнодорожных цистерн на каждую из нефтебаз, об-

щее количество подач-уборок вагонов – 16425 в год. При стоимости одной подачи, равной 10 дол. США, годовые затраты на подачу-уборку цистерн на нефтебазы составляют 164,25 тыс. дол. США. При использовании контейнерной системы доставки нефтепродуктов эти затраты могут быть исключены.

Обобщая вышесказанное, следует сделать вывод, что развитие контейнерных перевозок нефтепродуктов позволит сэкономить 50 млн дол. США капитальных вложений и около 8 млн дол. эксплуатационных затрат. Удельная эффективность развития контейнерных перевозок на 1 млн т груза составляет около 8,3 млн дол. США капитальных вложений и 1,3 млн дол. эксплуатационных затрат. Аналогичные выводы могут быть получены и по другим категориям грузов.

При охвате контейнеризацией 40 млн т грузов может быть получена экономия капитальных вложений в 332 млн дол. США и эксплуатационных расходов в 52 млн дол.

Список литературы

- 1 Резер, С. М. Контейнеризация грузовых перевозок / С. М. Резер. – М. : ВИНТИ, 2012. – 678 с.
- 2 Маликов, О. Б. Склады и грузовые терминалы / О. Б. Маликов. – М. : Бизнес-пресса, 2005. – 648 с.
- 3 Аксенов, И. Я. Единая транспортная система : учеб. для вузов / И. Я. Аксенов. – М. : Высш. шк., 1991. – 383 с.
- 4 Контейнерная транспортная система / Л. А. Коган [и др.] ; под ред. Л. А. Когана. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1991. – 254 с.
- 5 Чижонюк, В. Д. Состояние контейнерной транспортной системы и пути развития контейнерных перевозок грузов в Республике Беларусь / В. Д. Чижонюк. – Минск, 2009. – 17 с.
- 6 Чижонюк, В. Д. Теоретические основы и практические приложения логистики / В. Д. Чижонюк. – М. : Новое знание, 2015. – 320 с.

Получено 22.10.2019

V. D. Chizhonok. Prospects for using specialized containers.

The article analyzes the existing technology for the transport of goods. Logistic schemes for their delivery using specialized containers have been developed. The technique of technical and economic comparison of various options for the delivery of goods. The calculations of the efficiency of transportation of petroleum products in tank containers have been performed.

УДК 656.212.5

Т. А. ВЛАСЮК, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПАССАЖИРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

Создание доступной среды для каждого человека является сегодня общемировой тенденцией. Так, в странах Западной Европы, начиная с конца 50-х годов XX века, принимаются меры по созданию среды, доступной для всех, а первые нормы по обеспечению доступности к объектам инфраструктуры появились в США в начале 70-х годов XX века. Далее достаточно быстро во многих странах стали обязательными требования по обеспечению доступности объектов городской среды для лиц, имеющих ограничения по передвижению. Особенно актуально данное направление для железнодорожных вокзалов, где передвигается значительное количество пассажиров и имеется уже сложившаяся инфраструктура, которую не всегда можно подвергнуть реконструкции исходя из требований безопасности и ограничения площади пассажирских платформ, расположенных в междупутье.

В статье рассмотрены особенности организации безбарьерной среды для пассажиров на железнодорожных вокзалах Австрии, Франции и других европейских стран.

Современное общество стремится предоставить равные возможности для населения в целом и каждого человека в отдельности с соблюдением важнейшего показателя качества – комфорта их жизнедеятельности. При этом следует учитывать, что не все могут иметь возможности свободного перемещения исходя из возрастных особенностей или инвалидности. Поэтому создание безбарьерной среды – одно из базовых направлений социальной политики стран Западной Европы и любого другого государства, ибо безбарьерная среда позволяет человеку чувствовать себя полноценно, самостоятельно, независимо и комфортно как в психологическом, так и культурном, физическом, социальном отношениях. При этом главным принципом безбарьерной среды является доступность не только жилых и общественных зданий, но и различных видов транспорта для людей с ограниченными возможностями.

В настоящее время в странах Западной Европы пассажирский железнодорожный транспорт является одним из наиболее востребованных, что связано с наличием разветвленной сети железнодорожных линий, развитием высокоскоростного движения, высоким уровнем обслуживания в поездах, а также с применением большого числа льготных тарифов. Следует отметить, что в Европейских странах пассажиропоток на железнодорожном транспорте, как и на других видах, является не только неравномерным, но и разнородным по возрастному составу и включает, согласно экспертной оценке специалистов, значительное количество людей, имеющих сложности с передвижением (инвалидов-колясочников, взрослых с колясками, престарелых и т. п.). Большинство наших ежедневных действий, над которыми мы не задумываемся (поход в магазин, поездка в автобусе и т. д.), для инвалида – настоящий подвиг, и в одиночку ему не под силу. На каждом шагу человека с ограниченными физическими возможностями встречаются барьеры: выйти из подъезда не позволяют ступени, подняться в автобус – высокая посадочная площадка, в лифт на инвалидной коляске нельзя заехать из-за узких дверей. А ведь при свободном доступе к объектам инфраструктуры, социальным, общественным и производственным зданиям, при возможности пользоваться различными видами транспорта, свободном доступе к местам досуга и отдыха станут равными возможности для полноценного участия инвалидов в

жизни общества, к которым стремятся многие государства.

По данным Всемирной организации здравоохранения от 10 до 15 % мирового населения имеют ту или иную форму инвалидности (таблица 1).

Таблица 1 – Доля инвалидов в составе населения Европейских стран

В процентах

Страна	Возраст	
	15 и старше	60–74
Латвия	24	42
Литва	23	38
Эстония	20	33
Норвегия	20	23
Дания	20	21
Австрия	16	28
Германия	21	27
Франция	14	16
Венгрия	25	40
Италия	14	21
Испания	17	25
Португалия	15	28
Болгария	18	27

Общая тенденция в мире свидетельствует о росте количества людей с ограниченными возможностями по перемещению (рисунок 1).

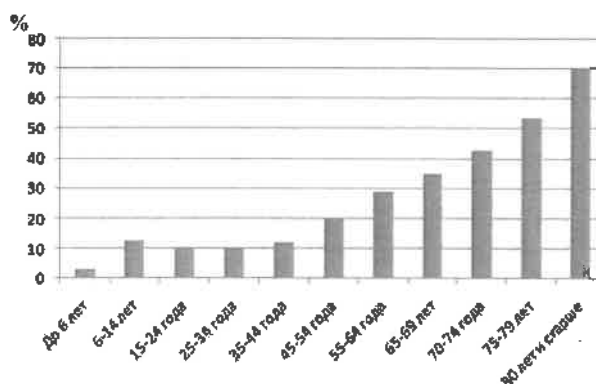


Рисунок 1 – Динамика численности инвалидов на планете среди различных групп населения

На планете ежегодно увеличивается количество лиц, достигших преклонного возраста, и по прогнозам

специалистов их количество будет постоянно возрастать (рисунок 2).

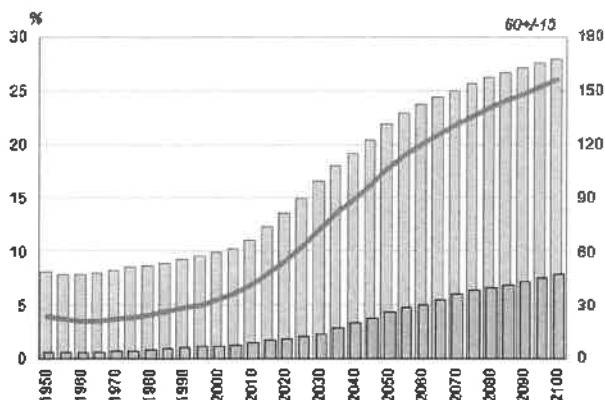






Рисунок 2 – Прогнозируемая численность пожилых людей в мире в возрасте 60 лет и старше

Сегодня почти *каждый пятый житель* Европейского союза находится в возрасте 65 лет и старше, при этом необходимо отметить, что население данной возрастной категории является социально активным, мобильным, совершающим путешествия на железнодорожном транспорте, что требует формирования удобной безбарьерной среды и соответствующей инфраструктуры. Для этого на железнодорожных станциях и вокзалах применяются лифты, подъемники, эскалаторы, являющиеся важнейшими элементами безбарьерного пространства, которое является обязательным для всех стран – членов Единого экономического союза (ЕЭС). Например, железнодорожные вокзалы Вены (Австрия) оснащены эскалаторами, траволаторами и лифтами, обеспечивающими доставку пассажиров на перронные пути станций, а также предоставляющими им возможность пересадки на другие виды транспорта с минимальными затратами времени (таблица 2).

Таблица 2 – Краткая характеристика безбарьерного пространства на железнодорожных вокзалах Вены

Железнодорожный вокзал	Элементы безбарьерного пространства	Краткая характеристика
Центральный вокзал Вены – Hauptbahnhof (Национальный и международный транспортный узел Австрии)	Траволатор	Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро U3 и U4, городской железной дороги или трамвайной линии)
	Эскалатор для перемещения на пассажирскую платформу	
	Станционный лифт	

Окончание таблицы 2

Железнодорожный вокзал	Элементы безбарьерного пространства	Краткая характеристика
<p>Вена-Майдлинг (Wien Meidling Bahnhof)</p>	<p>Эскалатор для перемещения на пассажирскую платформу</p>  <p>Станционный лифт</p> 	<p>Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро U6, трамвайной линии и городской железной дороги S-Bahn)</p>
<p>Западный вокзал (Westbahnhof)</p>	<p>Эскалатор для перемещения на пассажирскую платформу</p> 	<p>Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро U3 и U6, городской железной дороги или трамвайной линии, автотранспорту)</p>
<p>Северный вокзал (Wien Praterstern)</p>	<p>Станционный лифт</p> 	<p>Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро линии U1, U2 или трамвайной линии)</p>

Следует отметить, что сегодня Центральный железнодорожный вокзал Вены представляет собой комплекс, имеющий 29 эскалаторов, 14 пассажирских и грузовых лифтов, которые обеспечивают ежедневную доставку 268 000 пассажиров на 12 платформ по всем направлениям, где также предусмотрена возможность интеграции с общественным городским транспортом. Центральный железнодорожный вокзал Вены – это также один из важнейших транспортных узлов города, где пересекаются две линии метро (U3 и U4), пять линий городской железной дороги, в том числе городская железная дорога S7, связывающая центр с аэропортом City Airport Train CAT.

Венский вокзал Майдлинг (Bahnhof Wien-Meidling) ежедневно обслуживает более 50 тысяч человек и обеспечивает внутреннее и пригородное движение по направлениям, которые связывают Вену с городами Восточной Европы (Чехия, Польша и др.), также предоставляет пассажирам возможности безбарьерной

среды. Данный вокзал отделяет от Центрального вокзала Вены расстояние около 3,5 км, которые можно преодолеть пешком или доехать на одном из пригородных поездов: S-Bahn S1, S2 или S3, оснащенных соответствующим оборудованием для беспрепятственного движения людей с ограниченными возможностями (рисунок 3).



Рисунок 3 – Специальное оборудование поезда для беспрепятственного движения людей с ограниченными возможностями

Необходимо отметить и Венский Западный вокзал (BahnhofCity), который после капитального ремонта и расширения (2008–2011 гг.) является конечной пунктом для поездов, прибывающих в Вену из Западной Европы и Западной Австрии и имеет сформированную безбарьерную среду, включающую в себя главный вход без ступенек и лифт к пассажирским платформам.

Хорошим примером по данному направлению служит Франция, где в настоящее время примерно десятая часть (5 млн 350 тыс.) всех жителей – люди, имеющие инвалидность. В связи с этим интересен опыт работы ряда французских железнодорожных вокзалов, где имеются эскалаторы, лифты и движущиеся тротуары (траволаторы). Среди таких вокзалов Гар-дю-Нор в Париже, Сен-Шарль в Марселе и Перраш в Лионе и др. Северный вокзал Гар-дю-Нор (Gare du Nord) является самым крупным и посещаемым из всех вокзалов Парижа и Европы, обслуживает более 180 млн пассажиров в год. Отсюда отправляются скоростные поезда дальнего следования и пригородные электрички RER из северо-восточных районов Франции (рисунок 4).



Рисунок 4 – Безбарьерная среда вокзала Гар-дю-Нор, Париж

Крупнейшим вокзалом Марселя является вокзал Сен-Шарль, где ежегодный пассажиропоток достигает почти 15 млн человек, что стало возможным благодаря организации высокоскоростного движения поездами TGV, обеспечивающих доставку пассажиров в Париж за 3 часа, Лион – за 1 час 40 минут, Лиль – за 4 часа 30 минут.

Вокзал и железнодорожная станция расположены на небольшом холме, поэтому для удобства пассажи-

ров, особенно пожилых людей и инвалидов, имеются лифты и эскалаторы, а вход в вокзал оборудован автоматическими дверями, обеспечивающими беспрепятственное передвижение. Помимо этого, новая линия метро «Метеор» и линия E системы RER спроектированы таким образом, чтобы ими удобно было пользоваться инвалидам.

Среди европейских городов, отличающихся безбарьерной средой, следует выделить и современную Прагу (Чехия), где, так же как и в вышеназванных городах, на железнодорожном и других видах транспорта имеется низкопольный подвижной состав, высокие платформы для удобной посадки и высадки пассажиров. Кроме того, в Праге существует специальная программа «Путешествие без барьеров», которая уже не один десяток лет направлена на обустройство транспорта и развитие инфраструктуры для потребностей людей с ограниченными возможностями.

Таким образом, на железнодорожных вокзалах стран Западной Европы созданы равнозначные условия для всех пассажиров, что позволяет населению, включая людей с ограниченными возможностями, пользоваться окружающим пространством, не прибегая к чьей-либо помощи. Это возможность для всех категорий населения участвовать в общественной, производственной, культурной и спортивной сферах, а также получить образование, квалифицированную работу и вести полноценный образ жизни.

Список литературы

- 1 Глебова, А. В. Безбарьерная среда. Анализ зарубежного опыта / А. В. Глебова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2014. – С. 144–148.
- 2 Зайцева, Н. А. Безбарьерный туризм / Н. А. Зайцева, Д. Б. Шуравина. – М. : КноРус, 2016. – 176 с.
- 3 Лазовская, Н. А. Безбарьерная среда открытых городских пространств / Н. А. Лазовская // Региональные архитектурно-художественные школы. – 2015. – № 1. – С. 54–59.
- 4 Терскова, С. Г. Механизм формирования доступной среды для инвалидов / С. Г. Терскова // Гуманитарные научные исследования. – 2015. – № 7–2 (47).

Получено 01.10.2019

T. A. Vlasuk. Features of the organization of the barrier-free environment for passengers at railway stations in Western Europe.

Creating an accessible environment for everyone is a global trend today. For example, in Western Europe, since the late 50s of the twentieth century, measures have been taken to create an environment that is accessible to all, and the first standards for ensuring accessibility to infrastructure appeared in the United States in the early 70s of the twentieth century. Then, quite quickly, in many countries, requirements for ensuring the accessibility of urban environment objects for people with movement restrictions became mandatory. This direction is especially relevant for railway stations, where a significant number of passengers move and there is already existing infrastructure, which can not always be reconstructed based on safety requirements and restrictions on the area of passenger platforms located in the intercity area.

The article discusses the features of the organization of a barrier-free environment for passengers at railway stations in Austria, France and other European countries.

УДК 656.2.004:004.9

А. А. АКСЕНЧИКОВ, старший преподаватель, В. Г. КОЗЛОВ, заведующий НИЛ УПП, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ И ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ НА ОТДЕЛЕНИИ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Представлен программный продукт в виде автоматизированной системы «Анализ и планирование работы НОД-5», разработанный Белорусским государственным университетом транспорта. Данный продукт позволяет в автоматизированном режиме формировать суточный отчет эксплуатационной работы Могилёвского отделения. Приведены его основные компоненты и составляющие экономического эффекта от использования на рабочих местах НОД-5.

Для повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта Республики Беларусь государственное объединение «Белорусская железная дорога» создала ряд правовых и нормативных актов, позволяющих проводить мероприятия по разработке и внедрению интеллектуальных и цифровых технологий на республиканских унитарных предприятиях, которые входят в ее состав, модернизации рабочих мест и развитию систем автоматизированного управления объектами инфраструктуры и предприятий.

Развитие железной дороги должно базироваться на применении интеллектуально-цифровых технологий и по этому пути пошло руководство Транспортного республиканского унитарного предприятия «Могилёвское отделение Белорусской железной дороги» (Могилёвское отделение).

На данный момент на всех отделениях Белорусской железной дороги при составлении «Суточной справки по НОД», которую разрабатывают и оформляют либо

на бумажном носителе (на специально разработанных бланках (рисунок 1)), либо набирают в компьютере и распечатывают. Для этого специалисты отделения используют данные из ряда информационно-аналитических систем:

- информационно-аналитической системы поддержки управленческих решений по грузовым перевозкам (ИАС ПУРГП);
- автоматизированной системы сменно-суточного планирования погрузки-выгрузки дороги и её подразделений (АС ССП);
- технического нормирования эксплуатационной работы дороги (ТНЭРД);
- web-приложения «Блокнот руководителя»;
- отчета о наличии груженых вагонов (форма ДО-15);
- отчета формы ДО-1;
- справки 1243 «Прием поездов и вагонов по стыкам» и др.

Показатели	План	Вып.
Т/км нетто		
Прозв. Лок		
Лок		

СПРАВКА

о работе Могилёвского отделения за сутки _____

1. Грузовая работа Тн				План	Вып.	2. Измеритель			План	По отделению
		План	Заявлено	Запланировано	Выполнено		Норма	Выполнение		
Погрузка	тонн					С парком			План	
	вагон					Рабочий парк			Рабочий парк	
Остаток						Работа			в т.ч. груженых порожних	
Выгрузка	техплан					Оборот гр. вагона			I отд.	
	по обороту					Наличие м.-груза			II отд.	
Остаток						Сортировка			III отд.	
Остаток под погрузкой						Процент отправл.			IV отд.	
По вине клиента						Процент прослед.			V отд.	
Поздняя подача						Средний вес поезда			VI отд.	
Остаток под выгрузкой						Участковая скорость			Итого местный груз	
По вине клиента						Оборот м.-вагона			Итого транзитный	
Поздняя подача						Погрузка на Бел				

Рисунок 1 – Бланк специальной формы

Дежурный по отделению по планированию работы (ДНЦОП), диспетчер по регулированию вагонного парка (ДНЦВ) и дежурный по отделению (ДНЦО) получают с линейного уровня информацию о перспективе работы отделения на сутки и на ее основании формируют соответствующую справку.

Могилёвское отделение предложило Белорусскому государственному университету транспорта разработать автоматизированную систему «Анализ и планирование работы НОД-5», которая в автоматизированном режиме формировала бы суточный отчет эксплуатационной работы Могилёвского отделения, давала анализ по вы-

полненным эксплуатационным показателям по различным периодам времени.

В апреле 2019 года АС «Анализ и планирование работы НОД-5» была принята в промышленную эксплуатацию Могилёвским отделением и внедрена на рабочих местах работников отдела перевозок и железнодорожных станций.

Процесс разработки программы представлял собой комплекс взаимосвязанных между собой задач, между которыми производился обмен массивами информации.

Массив данных, необходимый для автоматизированного формирования анализа и планирования работы Могилёвского отделения, формируется в процессе обмена данными с информационно-справочными системами Белорусской железной дороги.

Разработанное программное обеспечение по автоматизации суточного отчёта эксплуатационной работы Могилёвского отделения размещено на сервере Службы перевозок Белорусской железной дороги.

На рисунке 2 приведено главное окно АС «Анализ и планирование работы НОД-5».

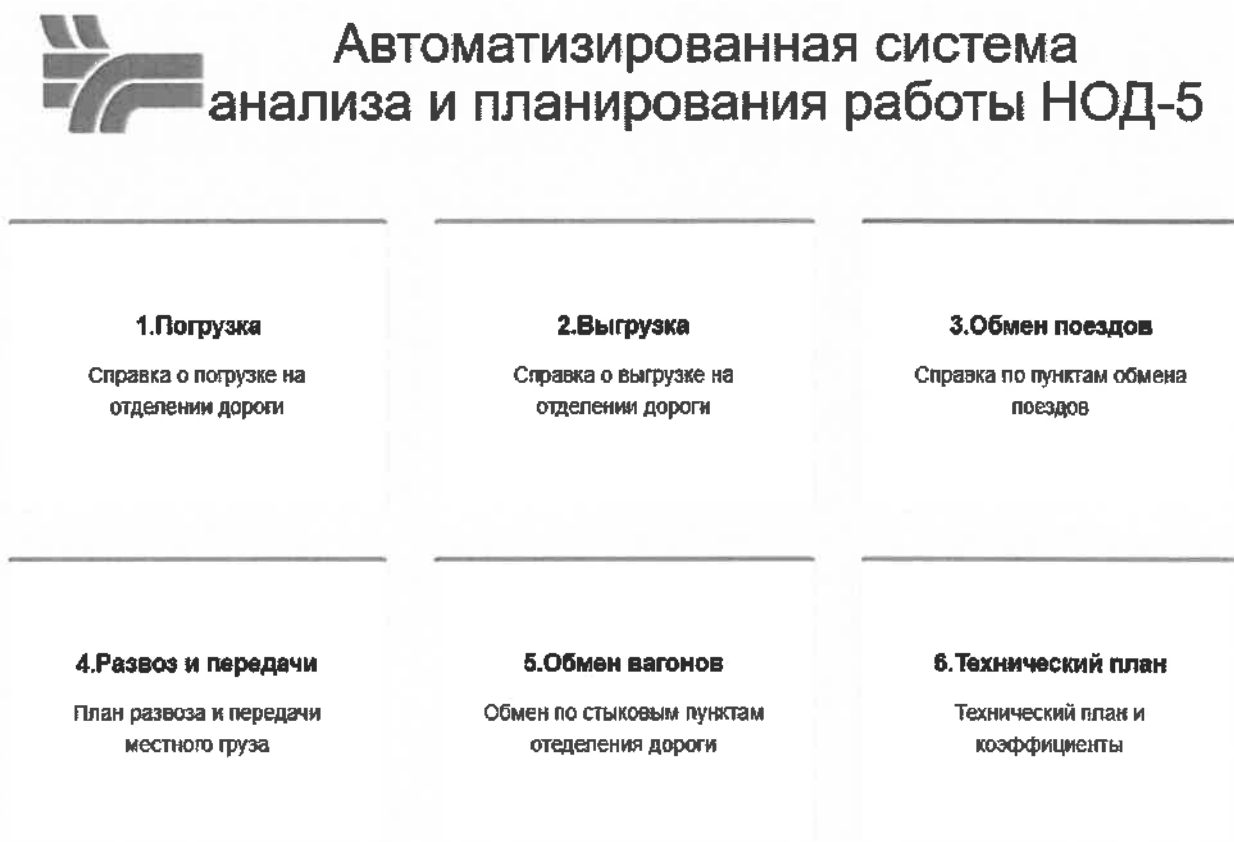


Рисунок 2 – Главное окно АС «Анализ и планирование работы НОД-5»

На рисунках 3–6 показаны рабочие формы АС «Анализ и планирование работы НОД-5». Эти формы предназначены для линейного (железнодорожные станции Могилёвского отделения) и отделенческого уровней.

Все рабочие формы (см. рисунки 3–6) заполняются на линейном и отделенческом уровнях. После заполнения этих форм автоматически формируется справка для начальника Могилёвского отделения (рисунок 7).

Период: 2019-05-20

Пункты обмена	Проезд		Сдача	
	5.00	18.00	5.00	18.00
Слуцк	5	9	5	9
Верейца	5	9	7	13
Червона	1	2	1	2
Рудня	1	2		2
Ка. Бебег	5	9	4	6
Рогачев	2	5	1	2
Сураж		1		1
Итого	19	37	18	37

Рисунок 3 – Рабочая форма «Обмен поездов»

Период: 2019-05-20

* черным цветом выделены значения, которые получены в результате сложения данного параметра по станциям. Красным цветом выделены значения параметра, которые были заданы "планером".

6. Погрузка				
Род груза	План	Заявка	Заявлено	
+ Цемент	164	142	142	7,00
+ Жидкое и гранулированное удобрение	521	500	500	
+ Соль				
- Промышленное сырье и формовочные				
Катки III				
+ Лупалово				
+ Лесные грузы				
+ Нефть и нефтепродукты				
+ Строительные грузы				
+ Сахар				
+ Торф и торфяная продукция				
+ Лом черных металлов				
+ Металлы				
+ Бумага				
+ Грузы в контейнерах				
+ Зерно				
+ Ковбикорвал				
+ Сахарная свекла и соломка				
+ Картофель, овощи и фрукты				
+ Черные металлы				
+ Остальные продовольственные товары				
+ Цветные металлы, изделия из них и лом				

6. Выгрузка	
Наименование параметра	Значение
Наличие М. груза на 18.00	422
в том числе сортировка	
Поступило до 5.00 от НОД-1	39
Поступило до 5.00 от НОД-2	
Поступило до 5.00 от НОД-4	37
Поступило до 5.00 из Суража	
Всего поступило до 5.00	76
Сдано местного груза до 5.00	
Образование под выгрузку	498
В узлах и левых	77
Непланируемая выгр. до 18.00	31
Запланировано выгр. на 7.00	390
Выгрузка по обороту	387
Выгружено на	0

Рисунок 4 – Рабочие формы «Погрузка» и «Выгрузка»

Период: 2019-05-01

Пункты обмена	Привоз						Сдача					
	План 9.00	Выполн. 18.00	кр.	пл.	ав.	Ллан 9.00	Выполн. 18.00	кр.	пл.	ав.		
Судак	6					7						
Верейцы	12					12						
Червоно	7					5						
Рудько	1					2						
Кр. берег	9					11						
Рогачев	5					6						
Суржк	1					1						

Рисунок 5 – Рабочая форма «Обмен по стыковым пунктам»

Период: 2019-05-20

Показатель	План	Всп.	Отделение						Итого
			I	II	III	IV	V	VI	
Перед. М. (перспективе)	474	474	275	31	15	77	76	474	
Наличие М. пр. на дор.	439	439	253	29	14	71	70	439	
Передать до 5.00	237	237	138	16	8	39	38	237	
Передано до 5.00		216	111	10	2	54	38	215	
Передать до 18.00	514	514	259	25	19	156	55	514	
Передано на 18.00		651	350	20	6	229	46	651	
Развоз до 18.00 (перспективе)	352	352							
Развоз до 5.00	192	195							
Развоз до 18.00	364								

Рисунок 6 – Рабочая форма «План развоза и передачи местного груза»

Период: 2019-05-20

* Выполненная погрузка автоматически формируется на: 15-00, 17-00 и 18-30.

Итого погрузка				
Тех. план	Заказ	Запланировано на 7,00	Погружено на 05.00	
1050 / 62550	941	1000 / 61000	460 / 31711	
Род груза	Тех. план	Заказ	Запланировано на 7,00	Погружено на 05.00
- Цемент	164	142	142	47
Предварительная		87	87	27
Минералы		55	55	20
+ Жидкие и минеральные удобрения	524	500	540	409
+ Соль	2	2	2	
+ Промышленное сырье и формовки	12	27	27	
+ Лесные грузы	190	191	191	1
+ Нефть и нефтепродукты	36	11	10	1
+ Строительные грузы	60	37	54	
+ Искусств.	5	7	7	
+ Торф и торфяная продукция	5	6	6	
+ Лом черных металлов	13	13	13	2
+ Металлы	15			
+ Бумага				
+ Грузы в контейнерах	19	0	0	
+ Зерно	5	3	3	
+ Комбиформа				
+ Сахарная свекла и свеклы				
+ Картофель, овощи и фрукты				
+ Черный металл				
+ Остальные производственные товары				
+ Цветные металлы, изделия из них и				
+ Автомобили				
+ Машины и оборудование				
+ Сельскохозяйственные машины				
+ Промышленные изделия народного				
+ Хлебобулочные изделия				
+ Остальные сборные грузы (шпаны)	4	2	2	
+ Животн.				
+ Каменный уголь				
+ Ископ.				
+ Сплавные горючие				
+ Фосфор				
+ Руда железная марганцевая				
+ Руда цветная и серое сырье				
+ Металлические конструкции				
+ Шлак гранулированный				
+ Отходы				
+ Мясо и мясо животного				
+ Рыба				
+ Хлебобул.				
+ Продукты перераб.	1			
+ Животнов.				
+ Паровозные грузы с водного транспорта				
+ Автомобильные грузы				
Итого	1050 / 62550	941	1000 / 61000	460

Выгрузка				
Тех. план	Выгрузка по обороту	Запланировано на 7,00	Выгружено на	
300	387	300	0	
Заменившие параметра				
Наличие М. груза на 18.00				
в том числе сортировка				
Поступило до 5.00 от НОД-1				
Поступило до 5.00 от НОД-2				
Поступило до 5.00 от НОД-4				
Поступило до 5.00 от Суража				
Всего поступило до 5.00				
Среднее местное грузы до 5.00				
Образовано под выгрузку				
в узлах и соседях				
Незапланируемая выпр. до 18.00				
Запланируемая выпр. на 7,00				
Выгрузка по обороту				
Выгружено на				
0				
Рабочий день				
Принятые объемы				
5.00 18.00 5.00 18.00				
Случаи				
Случаи				
Варейки				
Черенки				
Рукины				
Кр. берез				
Решетки				
Сураж				
Итого				
19 57 18 37				
План и выполнено беречи по отделениям				
Показатель				
План				
Вып.				
I II III IV V Итого				
Перед М. (переселение)				
Наличие М. гр. на дач.				
Передать до 5.00				
Передать на 5.00				
Передать до 18.00				
Передать на 18.00				
Резерв до 18.00 (переселение)				
Резерв до 5.00				
Резерв до 18.00				
474 474 275 51 15 77 76 474				
430 430 255 29 14 71 70 430				
237 237 138 15 6 39 38 237				
216 216 111 10 2 54 38 215				
514 514 259 25 10 156 55 514				
651 651 350 20 5 229 46 651				
352 352				
192 195				
364				

Рисунок 7 – Справка для начальника Могилёвского отделения

После внедрения АС «Анализ и планирование работы НОД-5» у работников отделения (ДНЦОП, ДНЦВ и ДНЦО) высвободилось около 20 % рабочего времени, которое затрачивалось на сбор и запись необходимых данных при составлении суточной справки по НОД-5. НОД может в любое время просмотреть актуализированную информацию по анализу и планированию работы НОД-5, раньше он получал эту информацию только на начало рабочего дня.

Экономический эффект от внедрения АС «Анализ и планирование работы НОД-5» получен за счет:

- сокращения времени, затрачиваемого работниками отдела перевозок по сбору сведений и записи их в различные формы (бумажный носитель);
- точности внесения данных из различных автоматизированных систем в отчетную форму, исключается человеческий фактор по допущению неточностей при заполнении отчетных форм;
- ускорения процедуры принятия управленческих решений;
- появления возможности получения информации по различным периодам времени.

Получено 22.09.2019

A. A. Aksyonchikov, V. G. Kozlov. Application of innovative technologies in the analysis and planning of operational work at the branch of the Belarusian railway.

The software product in the form of an automated system «Analysis and planning of NOD-5» developed by the Belarusian state University of transport is presented. Which allows in the automated mode to form the daily report of operational work of Mogilev Department. Its main components and components of the economic effect from the use of NOD-5 in workplaces are presented.

УДК 330.1

Ю. Д. ПРИМАК, кандидат военных наук, филиал БНТУ «Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала», г. Минск, Республика Беларусь

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Рассматриваются теоретические аспекты понятия цифровая трансформация экономики и предлагаются методологические подходы к проблеме разрешения противоречий, связанных с ее внедрением.

Цифровая трансформация экономики (далее – ЦТЭ) буквально с каждым днем проникает во все сферы экономической и социальной жизни нашего общества, государства и его институтов. Вопросы ЦТЭ Беларуси стоят среди главных приоритетов развития нашей страны «Цифровая трансформация экономики является одним из ключевых приоритетов развития государства. <...> Речь идет не просто о развитии IT-сферы и не только о высоких технологиях. <...> Принято решение о создании IT-страны...» – заявил Президент Беларуси Александр Лукашенко 11 декабря 2017 года на совещании по проекту Декрета «О развитии цифровой экономики» [1].

В дальнейшем, в развитие указаний Президента, 21 декабря 2017 был подписан Декрет № 8 «О развитии цифровой экономики», а 28 февраля 2018 года Постановлением Совета Министров № 167 в Беларуси был создан Совет по развитию цифровой экономики [2].

Вопросы цифровой трансформации экономики активно рассматриваются на многих дискуссионных площадках. Так, на пленарном заседании Белорусского промышленного форума 30 мая 2018 года [3] с докладом на тему «Стратегия цифровой трансформации экономики Беларуси: видение Минэкономики» выступил начальник управления экономики инновационной деятельности Министерства экономики Дмитрий Крупский. По его словам, «цифровая трансформация национальной экономики означает внедрение во всех отраслях информационно-коммуникационных технологий с целью повышения ее эффективности и конкурентоспособности» [3].

«Говоря о цифровой трансформации, надо иметь в виду: главное здесь – не цифра, а трансформация экономики – и неважно, посредством цифровых, технологических или иных механизмов. То есть мы должны говорить о повышении эффективности, производительности посредством тех или иных технологических решений, – подчеркнул участник дискуссии на форуме А. Бирюков, сопредседатель Общественной Палаты Союзного государства, и привел еще один аргумент: Когда откроем правдивую статистику, то увидим: производительность труда в Беларуси – 25 тыс. долларов на человека, в развитых странах – 60 тыс. долларов, а у лидеров мировой экономики – от 350 тыс. евро. При переходе на новые технологии мы увеличим производительность в 10 раз и столкнемся с очень большой проблемой – это занятость населения. В рамках десятикратного увеличения производительности

это, как минимум, трехкратное уменьшение численности занятых при росте производства в 3–4 раза. Не ответив на этот вопрос, ни о какой программе говорить невозможно...» [3]. Кроме того, прозвучал еще один, весьма значимый тезис: «Цифровая трансформация экономики – это изменение бизнес-процессов» [3].

Высказанное А. Бирюковым мнение автор относит к одной из гипотез, требующих обоснования и проверки. Однако автор солидарен с тем, что ЦТЭ несет в себе кроме, несомненно, прогрессивной составляющей серьезные социально-экономические проблемы обеспечения занятости населения, решать которые необходимо в том числе с позиций теории экономической науки, методологического обеспечения, разработки методов и инструментов эффективного управления как отдельными процессами цифровой трансформации в отраслях и на производствах, так и процессами государственного регулирования социально-экономического комплекса страны в целом.

Выступая на II съезде ученых 13 декабря 2017 года, Глава государства в отношении цифровой трансформации отметил: «...Нам ученые крайне необходимы здесь, чтобы не наделать ошибок... Чтобы не делать ошибки, ученые должны быть на шаг впереди» [4].

Отвечая на призыв Президента к ученым продемонстрировать свою государственную позицию, в данной статье высказываем и обосновываем свое научное видение по некоторым методологическим аспектам совершенствования системы государственного регулирования экономики в условиях цифровой трансформации.

Для раскрытия данного вопроса необходимо проанализировать понятие ЦТЭ, а также схожие и связанные с ним термины, так как несмотря на распространенность в средствах массовой информации и в быту, в научной отечественной литературе однозначности в определении ЦТЭ нет.

Термин «трансформация» происходит от позднелатинского слова *transformatio*, что означает «преобразование, превращение, метаморфоза» [5]. Поэтому для автора представляется логичным под «цифровой трансформацией» (далее – ЦТ) понимать преобразование различных видов информации, сигналов, технологий и т. д. в цифровую форму.

Из приведенных в литературе определений наиболее близким по смыслу является следующее: «цифровая трансформация – это процесс интеграции цифровых

технологий во все аспекты бизнес-деятельности, требующий внесения коренных изменений в технологии, культуру, операции и принципы создания новых продуктов и услуг» [6].

На основе этого определения логично сделать вывод, что ЦТЭ является, по своей сути, процессом, в ходе которого существующая экономика преобразуется в «цифровую экономику» (далее – ЦЭ).

В соответствии с [7] ЦЭ является системой экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых технологий. Цифровую экономику отождествляют также с интернет-экономикой, новой экономикой или веб-экономикой [7].

Важно отметить, что с инженерной точки зрения, исходя из физического смысла процессов, суть понятия ЦТ заключается в переходе от аналоговых технологий к цифровым во всех сферах деятельности человека.

Обобщая множество вариаций при определении ЦТЭ в зарубежной и отечественной литературе, автор предлагает характеризовать ЦТЭ как процесс преобразования существующей социально-экономической системы государства в цифровую экономику на основе применения и внедрения во все экономические бизнес-процессы и отношения цифровых информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ).

ИКТ, в соответствии с [8], – это технологии, предназначенные для совместной реализации информационных и коммуникационных процессов, или интеграция информационных и коммуникационных технологий. В силу того, что большинство вариантов толкования понятия «информационные технологии» (далее – ИТ) основано на переводах на русский язык определений, взятых из иностранной литературы, то зачастую формулировки ИТ в отечественной литературе отличаются и по смыслу, и по содержанию. При этом в [9, 10] под понятием ИТ понимается совокупность процессов и методов поиска, сбора, хранения, обработки, представления, распространения информации и способ осуществления таких процессов и методов. В [11] ИТ – это «приемы, способы и методы применения средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных. Согласно [12] ИТ – это ресурсы, необходимые для сбора, обработки, хранения и распространения информации. В некоторых документах и работах принято уравнивать смысл ИТ и ИКТ.

Считаем, что формулировка понятия ИКТ сегодня должна обобщать все существующие определения, являясь сущностным понятийным интегратором. При этом она должна обладать достаточной эластичностью к изменениям, так как сами ИКТ постоянно развиваются и расширяют сферу своего применения.

Обобщая многочисленные варианты существующих определений, предлагаем формулировку ИКТ как совокупности информационных и коммуникационных технологий, средств и устройств вычислительной техники, а также приемов, способов и методов их применения при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных.

В дальнейшем, говоря об ИКТ, подразумеваем именно это определение, которое подчеркивает, что ИКТ – это не только данные, передача данных и информации, их

обработка, но и сами средства вычислительной техники, способы, методы и приемы их использования.

Любые технологические и экономические трансформации связаны с действием трех законов диалектики [13]: закона перехода количественных изменений в качественные, закона отрицания отрицания и закона единства и борьбы противоположностей. В строгом соответствии с законом перехода количественных изменений в качественные масштабность задач внедрения цифровых технологий и необратимость этого процесса дают новое качество всем сферам жизни общества. Новое качество, в соответствии с законом отрицания отрицания, вызывает новые противоречия в экономике, социальной среде, конфликт интересов, которые в соответствии с законом единства и борьбы противоположностей требуют своего разрешения.

В ходе цифровой трансформации экономики государства неизбежно претерпевает изменения и трансформируется и система государственного регулирования экономики, одной из основных задач которой является управление разрешением конфликтов интересов, возникающих вследствие борьбы противоположностей. В этих условиях наука, с точки зрения автора, в условиях ЦТЭ должна заняться параллельной трансформацией теории и методологии государственного управления и регулирования, совершенствованием устоявшихся подходов и, при необходимости, созданием новых методологических основ государственного и социального управления и регулирования экономики.

Очевидно, что ЦТЭ в случае общего перевода экономики на ЦТ требует значительных инвестиций и затрат. Но ведь переводить на «цифру» всё подряд бессмысленно и неэффективно. Цифровизация должна подлежать предварительно оптимизированные структуры и процессы. Очевидно, что цифровизация неэффективных элементов и процессов сделает их еще более неэффективными. Поэтому ЦТЭ, как ревизор, требует оптимизации всех элементов экономики, включая систему ее государственного регулирования. А для повышения эффективности ЦТЭ, по нашему мнению, начинать ее нужно как раз с систем государственного управления и регулирования. Это обеспечит и качество, и темпы ЦТЭ, и минимум затрат.

На рисунке 1 представлены упрощенная структурно-логическая схема взаимодействия Заказчика (Потребителя) и Производителя (Продавца) товаров и услуг в рамках существующей системы государственного регулирования экономики (рисунок 1, а) и рекомендуемая схема с учетом ее усовершенствования (рисунок 1, б).

Анализ рисунка 1 и времени, необходимого для поставки товара (оказания услуг) показывает, что действующая сегодня схема взаимодействия между субъектами и объектами экономической (хозяйственной) деятельности (заказчиками и потребителями, продавцами и покупателями) имеет более длительный цикл удовлетворения потребности $T_{\text{ц}}$, чем предлагаемая рациональная модель, так как предполагает прохождение запросов Заказчика (Покупателя) сначала через систему государственного регулирования и уже потом к Производителю (Продавцу).

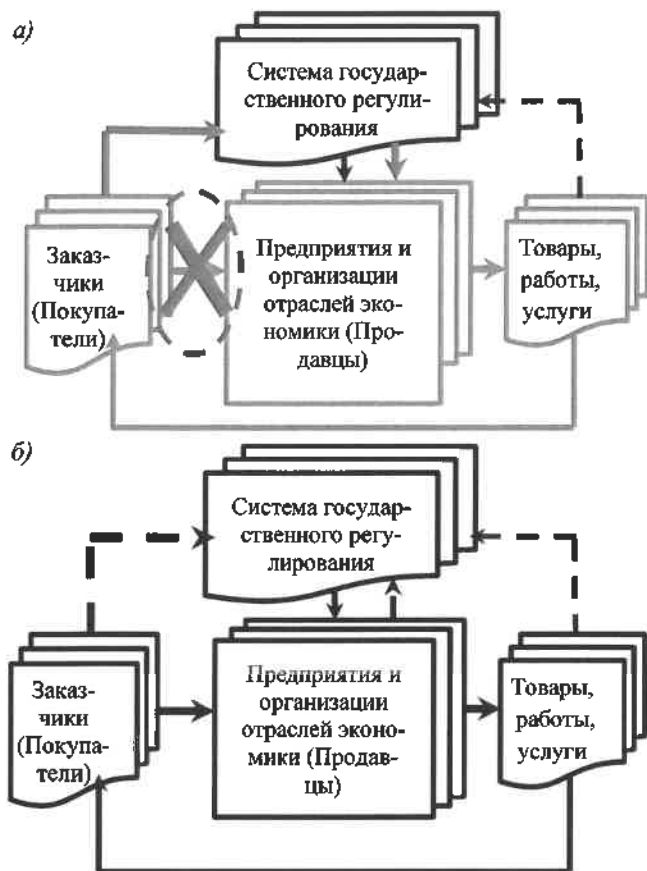


Рисунок 1 – Упрощенная схема взаимодействия Заказчика (Потребителя) и Производителя (Продавца): а – действующая модель; б – рациональная модель

Механизмы цифровизации позволяют сегодня изменить эту схему, выстроить логику и схему взаимодействия в соответствии с рациональной моделью, сохранив при этом регулируемость и управляемость, а также значительно повысить производительность труда за счет сокращения $T_{\text{д}}$.

Сегодня для оптимизации системы государственного регулирования и управления экономикой много сделано и делается руководством страны на административном и нормативно-правовом уровнях. Так, Декреты Президента № 7 и 8 направлены на либерализацию рынка и мотивацию активности коммерческой среды, мотивацию населения к открытию собственного дела, реализацию предпринимательских способностей с учетом внедрения всех механизмов и инструментов ЦТЭ. Однако, по нашему мнению, необходимость цифровой трансформации экономики требует пересмотра не только правовых, но и научных, теоретических и организационно-экономических основ государственного регулирования экономики. Это происходит из-за того, что экономическая эффективность ЦТЭ будет в значительной степени определяться тем, насколько эффективно выстроены процессы, которые мы хотим переложить на ИКТ и системы искусственного интеллекта.

Подводя итог, можно сделать вывод, что для экономически выгодного и социально безопасного внедрения цифровизации в экономику необходимо совершенствование существующих теоретических и методологических основ государственного регулирования экономики.

Поскольку ЦТЭ неизбежно связана с трансформацией рынка труда и занятости и возрастанием миграции

рабочей силы, параллельно с методологией технологической цифровизации, еще одним из актуальных направлений исследований ученых-экономистов сегодня должно стать развитие и совершенствование теории рисков в области методологии разрешения социально-экономических противоречий, связанных с ЦТЭ.

Как было сказано выше, существует обоснованное мнение [3], что в ходе ЦТЭ возрастает противоречие между ростом производительности труда и конкурентоспособности экономики и потенциальными рисками роста безработицы, что может привести к увеличению социальной энтропии и достижению точек бифуркации [17]. Формализуя задачу разрешения данного противоречия в условиях ЦТЭ, мы, по сути, сталкиваемся с типичной задачей многокритериальной оптимизации – необходимостью одновременной оптимизации как минимум двух конфликтующих целевых функций в заданной области определения [16]:

$$\min_{\vec{x}} \{f_1(\vec{x}), f_2(\vec{x}), \dots, f_k(\vec{x})\}, \quad (1)$$

$$\vec{x} \in S,$$

где f_i – целевые функции; k – количество целевых функций, $k \geq 2$. Векторы решений $\vec{x} = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ относятся к непустой области S .

В условиях, когда менеджмент, при отсутствии специального программного обеспечения для решения задач оптимизации, практически никогда не обращается к научным институтам и специалистам за помощью, принимая зачастую интуитивные ситуационные решения, предлагаем в ходе ЦТЭ совершенствовать и практически ориентировать методологию выбора рациональных решений.

Так, для решения формализованной выше задачи предлагаем использовать методический подход, основанный на максимизации целевой функции по основному (главному) показателю эффективности при установке ограничений по остальным показателям (критериям).

Оптимизационная задача при этом трансформируется в однокритериальную задачу, решение которой не вызывает затруднений ни машинным (автоматическим), ни полуавтоматическим или ручным путем и вполне доступна для решения менеджерами.

При таком подходе мы имеем место с вырождением оптимизационной задачи в задачу принятия рационального решения. Так, в частном рассматриваемом выше случае, для выбора рационального варианта i^* организации цифровой трансформации на предприятии (в отрасли) может быть принята следующая целевая функция:

$$i^* : \max \mathcal{E}_i;$$

$$i \in L,$$

где L – множество исследуемых способов проведения цифровизации; \mathcal{E}_i – эффективность основного экономического показателя предприятия (производительность, рентабельность и т. д.); i – вариант (способ) проведения цифровизации (выбора ИКТ).

Задача может решаться при установленных ограничениях по росту безработицы (как в рассматриваемом выше примере) или другим негативным социальным последствиям, которые можно записать как:

$$i^* : P_i \leq P_{\text{кр}},$$

где P_i – значение показателя безработицы (иного нормируемого показателя) при i -м способе цифровизации; $P_{\text{кр}}$ – критическое (пороговое) значение показателя P_i .

Последний критерий может быть сразу количественно определен.

В ходе анализа возможных экономических последствий цифровой трансформации экономики автором сделаны следующие выводы.

1 Для обеспечения экономической эффективности цифровой трансформации экономики, в первую очередь, должны быть проведены мероприятия по цифровой трансформации системы ее государственного регулирования и управления.

2 Для снижения связанных с ЦТЭ социально-экономических рисков рекомендуется применять научно обоснованные алгоритмы и методы оптимизации и принятия теории рациональных решений.

Список литературы

1 О развитии цифровой экономики : Декрет № 8 от 21 декабря 2017 г. [Электронный ресурс] : офиц. интернет-портал Президента Респ. Беларусь. – Режим доступа : http://president.gov.by/ru/official_documents_ru/view/dekret-8-ot-21-dekabrya-2017-g-17716/. – Дата доступа : 02.01.2019.

2 О создании Совета по развитию цифровой экономики : постановление Совета Министров, 28 февраля 2018 г., № 167 [Электронный ресурс]. : офиц. сайт Правительства Респ. Беларусь. – Режим доступа : <http://government.by/ru/solutions/3144>. – Дата доступа : 02.01.2019.

3 Цифровая трансформация экономики: Беларусь готова, но не созрела // Белрынок [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : <https://www.belrynok.by/2018/06/04/tsifrovaya-transformatsiya-ekonomiki-belarus-gotova-po-ne-sozrela/>. – Дата доступа : 02.01.2019.

4 Выступление Президента Республики Беларусь Лукашенко А. Г. на II съезде ученых Беларуси // БЕЛТА [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа : <https://www.belta.by/president/view/vystuplenie-lukashenko-na-ii-sjezde-uchenyh-belarusi-280351-2017/>. – Дата доступа : 02.01.2019.

5 Википедия – свободная энциклопедия. Трансформация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформация>. – Дата доступа : 02.01.2019.

6 Что такое цифровая трансформация? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.hpe.com/ru/ru/what-is/digital-transformation.html>. – Дата доступа : 02.01.2019.

7 Зачем России цифровая экономика? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rb.ru/longread/digital-economy-in-russia/>. – Дата доступа : 02.01.2019.

8 Яменко, О. П. Информационно-коммуникационные технологии в среде дистанционного образования / О. П. Яменко // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. – 2013. – № 4. – Режим доступа : <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9791>. – Дата доступа : 02.01.2019.

9 Википедия – свободная энциклопедия. Информационные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационные_технологии. – Дата доступа : 02.01.2019.

10 Об информации, информационных технологиях и о защите информации: федер. закон Рос. Федерации от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ // КонсультантПлюс : справ. правовая система [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/. – Дата доступа : 02.01.2019.

11 Автоматизированные системы. Термины и определения. ГОСТ 34.003–90. Интернет и право [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/10673/>. – Дата доступа : 02.01.2019.

12 ISO. Online Brouthing Platform: ISO/IEC 38500:2008, Corporate governance of information technology: resources required to acquire, process, store and disseminate information [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:38500:ed-1:v1:en>. – Date of access : 02.01.2019.

13 Википедия – свободная энциклопедия. Законы философии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Законы_философии. – Дата доступа : 02.01.2019.

14 Антонова, Н. Б. Государственное регулирование национальной экономики. Курс лекций / Н. Б. Антонова, О. Б. Хорошко. – Минск : Акад. Упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2009. – 253 с.

15 Государственное регулирование институционального развития экономики Беларуси / Т. В. Садовская [и др.] ; под науч. ред. Т. В. Садовской. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 299 с.

16 Википедия – свободная энциклопедия. Многокритериальная оптимизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Многокритериальная_оптимизация. – Дата доступа : 02.01.2019.

17 Википедия – свободная энциклопедия. Информационные технологии. Энтропия социальная [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://human_ecology.academic.ru/1897/Энтропия_социальная. – Дата доступа : 02.01.2019.

Yu. D. Primak. Theoretical and methodological aspects of improvement of the system of state regulation of the economy of the Republic of Belarus in the conditions of digital transformation.

The theoretical aspects of the concept of digital transformation of the economy and suggests methodological approaches to the problem of resolving contradictions associated with its implementation are considered.

УДК 656.0 : 658.53

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, доцент, О. А. ХОДОСКИНА, кандидат экономических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В ТРАНСПОРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Приведены результаты исследований изменения уровня производительности труда в транспортной деятельности на железнодорожном и автомобильном транспорте. Дана оценка влияния основных параметров в номенклатуре расходов и тарифной политики транспортных организаций на рост производительности труда персонала. Рассматриваются результаты исследований данной проблемы учеными различных стран, а также использование опыта решения проблемы в Республике Беларусь. Оцениваются возможности повышения производительности труда в транспортной деятельности в Республике Беларусь и приводятся методические основы, обеспечивающие эти возможности.

В условиях перехода к стабильной экономике после продолжительного периода её обрушения и восстановления производительность труда становится более актуальной. Необходимо подчеркнуть, что в условиях рынка она становится, по существу, решающим показателем, определяющим эффективность работы коллективов транспортных организаций и их структурных подразделений. При этом она также показывает уровень использования трудовых ресурсов в различных отраслях Республики Беларусь и является важнейшим экономическим показателем эффективности использования живого и овеществленного труда. В большинстве стран снижение производительности труда приравнивается к угрозе национальной безопасности. Это связано с тем, что при понижении производительности труда снижается уровень платежеспособности населения, что является угрозой для национальной экономики: товары, произведенные национальными компаниями с более высоким ценовым параметром, вымываются с национального рынка иностранными продуктами с более низкими ценами. Производительность труда постоянно исследуется всемирным банком с целью определить степень устойчивости развития экономики того или иного государства. Сравнительная оценка такого исследования для наиболее развитых государств мировой экономики показана на рисунке 1 (для государств в целом) и рисунке 2 (в области транспортной деятельности).

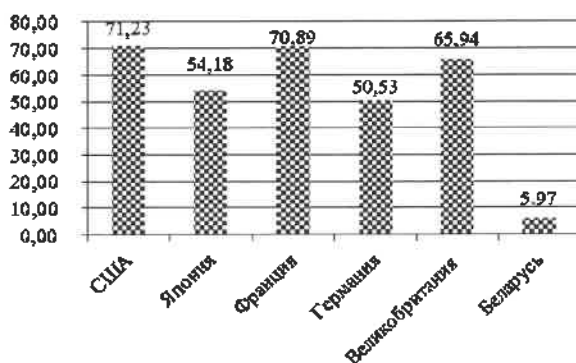


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма производительности труда по странам, тыс. евро на одного работника

Из рисунков 1 и 2 видно, что самая высокая производительность труда по стране в целом и на транспорте в частности – в США. Из рисунка 2 видно, что тенденция уровня производительности по стране в целом и в транспортной отрасли не всегда совпадает.

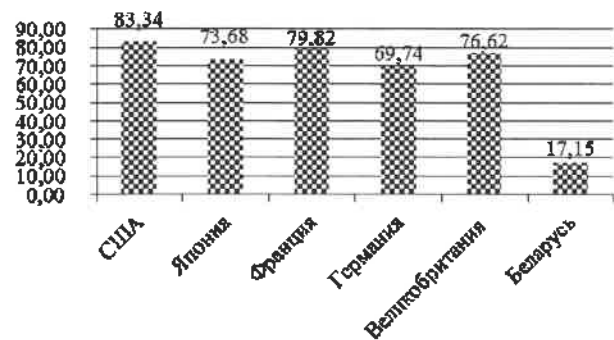


Рисунок 2 – Сравнительная диаграмма производительности труда на транспорте, тыс. евро на одного работника

Содержание производительности труда в мировой экономике постоянно трансформировалось: от количественных показателей произведенной продукции к финансовой оценке. Производительность труда, измеряемая в количественных показателях, требовалась на низком уровне потребления общества, малой обеспеченности населения в товарах и услугах, низком экспортном потенциале. Исторически обусловлен уровень производительности труда в количественных показателях обеспечения потребностей населения, покупательной способности и экспортного потенциала, при которых происходит переход к финансовой оценке производительности труда в отраслях. На транспорте производительность труда до 2010 г. (в странах бывшего СССР) оценивалась в количественных измерителях, в странах с устойчивой экономикой это произошло в 1972–1976 гг., когда рынок был насыщен товарами и услугами, и дальнейшее насыщение приводило к их перепроизводству.

Неполную оценку производительности труда отмечали ещё учёные-экономисты в XVII–XIX вв. Так, Р. Оуэн производительность труда рассматривал в качестве важнейшего инструмента управления использованием трудовых ресурсов, что немаловажно в XXI в. Изложенные им теоретические основания необходимости образования промышленных ассоциаций были реализованы на транспорте США, который работает при интеграции различных видов деятельности – перевозки, производства и ремонта транспортных средств, строительства и ремонта железнодорожной инфраструктуры. Требовалась новая система учёта производительности труда, которая бы объединяла меру труда на железных дорогах, увязанную с другими отраслями промышлен-

ности [1]. Оуэном впервые выдвинуто главное положение о прибыли – она должна быть достаточной для обновления средств производства при расширении деятельности и рынка сбыта, а при стабильном состоянии – обновления простого их воспроизводства. В таком случае прибыль как таковая теряет смысл. Отсутствие математического аппарата в этот исторический период не позволило определить интегрированную меру производительности труда, а тем более выработать систему управления ею. В теоретических исследованиях английских ученых конца XIX – начала XX веков развилась теория заработной платы, которая постепенно стала привязываться к производительности труда. Но в середине XX в. в США, при насыщении рынка товарами и услугами, разрыв между ростом заработной платы и производительностью привел к снижению потребления, так как инфляция доллара в 2,5–4 % опережала рост заработной платы, привязанной к росту производительности труда. Особенно это стало заметным на сложных производствах – сталелитейной промышленности и на транспорте. Поэтому было предложено отказаться от учета производительности труда в количественных единицах на одного работающего и перейти к учету по затратам рабочего времени персонала на единицу продукции [3]. Появилась новая оценка труда – количество долларов в час. Она продержалась до 2008 года (год мирового финансового кризиса), и при выходе из кризиса 2008–2014 гг. также показала несостоятельность адекватной оценки. МВФ разработал мировой показатель оценки производительности труда – финансовый. В состав производительности труда в финансовой оценке стали включать доходы исполнителей работ. На первом этапе в них входили начисления на заработную плату, а потом от них отказались (на каждого работающего в национальных банках были введены индивидуальные социальные счета, на которые от заработной платы работника отчислялись соответствующие проценты, и государство в движение этих денежных средств не вмешивалось). Это привело к резкому росту доли фонда оплаты труда в себестоимости продукции и услуг. В результате мерой производительности труда стала практически заработная плата работников компаний. Её отвязали от количества производимых единиц продукции и месячной нормы рабочего времени. Это связано со степенью утомляемости персонала, что влечет на транспорте нарушение безопасности перевозок.

Использование показателя «количество продукции, производимой одним работником в единицу времени» на транспорте предложил министр путей сообщения России С. Ю. Витте (1903 г.), создавая единую тарифную систему на железнодорожном транспорте. Его гениальная идея об интеграции производительных сил всех отраслевых хозяйств российских железных дорог путем использования единого тарифа в начале XX в. способствовала созданию единой системы оценки производительности труда в натуральных показателях. Для уровня развития транспортных услуг России того времени это было прогрессивным решением, так как обеспеченность населения транспортными услугами составляла 25–30 % и требовалось в 3–4 раза наращивать их объем. Измерителем производительности труда на железных дорогах России устанавливался приведенный

тонно-километр, который рассчитывался по собственной системе коэффициента на железнодорожном транспорте приведения одного пассажиро-километра к тонно-километру (2 : 1). Правительство Советской России расширило этот принцип на все виды транспорта, и, в итоге этот коэффициент составил: на автомобильном транспорте – 0,4 : 1, морском – 1 : 1, речном – 10 : 1, воздушном – 0,09 : 1. На железнодорожном транспорте за счёт изменения системы управленческого учёта с 2005 г. этот коэффициент равен 1 : 1. Удобство расчетов производительности труда на транспорте представляла сама расчётная формула

$$\bar{\omega} = \frac{\sum_{j=1}^J (pl)_j}{\sum_{k=1}^K A_k}, \quad (1)$$

где $(pl)_j$ – приведенные тонно-километры, выполненные за учётный период на j -м виде транспорте; A_k – списочная численность работающих в подразделениях определенного вида транспорта.

По результатам сопоставления производительности труда на белорусской и иностранных железных дорогах при сопоставимых условиях развития и эксплуатации в приведенных тонно-километрах сделан сравнительный анализ (рисунок 3).

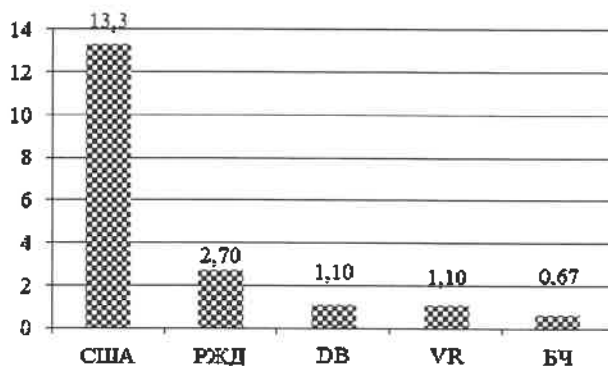


Рисунок 3 – Сопоставимая оценка производительности труда на железных дорогах, млн прив. т·км/тыс. чел.

Сравнение диаграмм, показанных на рисунках 2 и 3, позволяет отметить, что при количественной оценке производительности труда на БЧ она отстает в 20 раз от США и в 1,5 раза от DB и VR. При сравнении:

- трудозатрат на единицу выполненной работы по отношению к отмеченным странам производительность труда практически одинаковая;
- денежных показателей соотношение составляет в пять-шесть раз.

Первоначальный переход от объёмных показателей на показатели трудозатрат при расчете производительности труда, произошедший в США в середине XX в., связан с насыщением рынка транспортными услугами и необходимостью оптимизации оплаты труда во всех отраслях и исключения искажений при её выполнении. За одну и ту же работу стали платить во всех отраслях одинаково во всех штатах. Это позволило правильно оценивать использование трудовых ресурсов, которых стало в избытке с последующим переходом на почасовую оплату трудозатрат на каждый вид деятельности.

Идею США поддержали в Японии и Китае, а в начале XXI в. и в странах ЕС. Были разработаны нормативы трудозатрат на все виды работ, связанных с перевозочным процессом. Это позволило оптимизировать списочную численность работников (в отдельных странах в 4–5 раз) и соответственно поднять производительность труда, оцениваемую трудозатратами (рисунок 4).

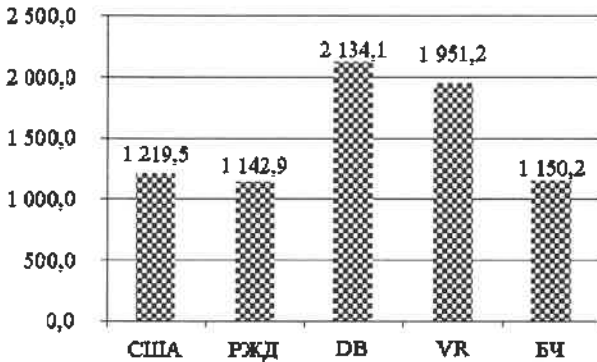


Рисунок 4 – Сопоставимая оценка производительности труда на железных дорогах, тыс. чел·ч/млн прив. т·км.

Производительность труда в единицах трудозатрат, приходящихся на единицу выполненных работ и услуг, рассчитывается следующим образом [3]:

$$v = \frac{\sum_{j=1}^J (A_k t_k^m)_j}{\sum_{k=1}^K A_k}, \quad (2)$$

где $(A_k t_k^m)_j$ – объём трудозатрат, приходящихся на единицу выполненных работ и услуг, предусмотренных технологическим процессом на выполнение перевозки грузов и пассажиров, чел·ч.

Второй причиной, повлиявшей на снижение производительности труда в транспортных организациях, стало сокращение перевозок национальными перевозчиками на всех видах транспорта и появление на рынке транспортных услуг иностранных (не допускаемых на национальный рынок до 1991 г.) и частных (в большинстве – со смешанным капиталом).

Начиная с 2011 г. в Республике Беларусь учёт производительности труда на транспорте по рекомендации МВФ стал производиться в затратах труда на производство единицы продукции – трудоёмкостью, оцениваемой в денежных единицах. Специалисты считают, что наиболее обоснованный подход к определению производительности труда достигается при соблюдении следующих требований: 1) учёт всех затрат труда на данный вид работы; 2) устранение искажений, связанных с различиями в трудоёмкости; исключение повторного счета, в частности прошлого труда; 3) возможность измерения темпов изменения производительности труда и средней заработной платы. С учётом этого производительность труда является показателем экономического роста, то есть показателем, обеспечивающим рост реального продукта и дохода. Увеличение общественного продукта на душу населения означает повышение уровня жизни. Поэтому специалистами многих стран предложено её рассчитывать в денежных единицах, приходящихся на одного работника за учётный период

$$\varphi = \frac{\sum_{m=1}^M F_m^{tm}}{\sum_{m=1}^M A_m^{tm}}, \quad (3)$$

где F_m^{tm} – денежная оценка трудоёмкости персонала на выполнение технологических операций перевозочного процесса; A_m^{tm} – среднесписочная численность работников транспортной организации или её структурного подразделения, для которого выполняется расчёт производительности труда в денежных единицах.

По результатам анализа производительности труда, выполненного специалистами Всемирного банка и рассчитанной в денежных измерителях, на железных дорогах выделенной группы государств построены диаграммы (рисунок 5).

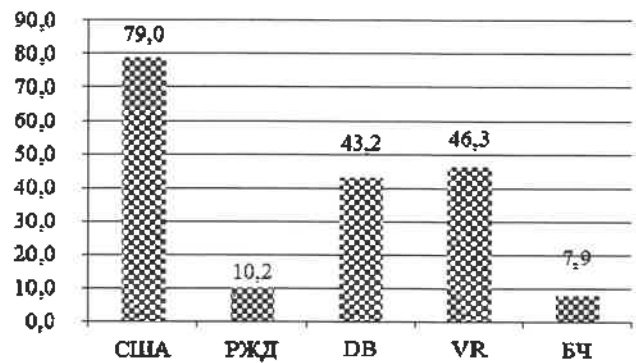


Рисунок 5 – Оценка производительности труда на железных дорогах, тыс. евро на одного работника

Из приведенных на рисунке 5 диаграмм видно, что производительность труда, рассчитанная в денежных показателях на БЧ ниже, чем в США в 10 раз, а по сравнению с VR – более чем в пять раз. Можно ли её увеличить и как управлять этим показателем? Есть несколько вариантов:

- поднять тарифы на перевозки и полученную разницу между старым и новыми тарифами направлять в фонд оплаты труда;

- сократить персонал, как это сделали на финских железных дорогах (VR), доведя его с 77,4 тыс. в 1961 г. до 14,4 тыс. в 2018 г.;

- ввести интегральное управление производительностью персонала по структурным подразделениям железной дороги, для которых имеется возможность нормирования трудозатрат на выполнение функциональных действий персонала, занятого на выполнении перевозочного процесса.

В США выполнили интеграционные действия по оценке производительности труда в трудозатратах и финансовых показателях, объединив их в одной формуле с использованием двукратных интегралов:

- по пассажирским перевозкам

$$\varphi_{об}^{nc} = \int_0^{(Al) \omega_2(a)} \left(\int_0^{\omega_1(a)} (e_{nc}(a, Al) d(Al)) da \right), \quad (4)$$

где $\omega_1(a)$; $\omega_2(a)$ – управленческие решения по освоению входного пассажиропотока; e_{nc} – доля расходов, относимых на производительность труда персонала, занятого в технологическом процессе пассажирских перево-

зок: по начально-конечным операциям (a) и передвижению пассажиров (AI);

– по грузовым перевозкам

$$\Phi_{об}^{гр} = \int_0^{\omega_2(p)} \left(\int_0^{\omega_1(p)} e_{гр}(p, PI) d(PI) \right) dp, \quad (5)$$

где $e_{гр}$ – доля расходов, относимых на производительность труда персонала, занятого в технологическом процессе грузовых перевозок: по начально-конечным операциям с грузами, дополнительные услуги по транспортной логистике и экспедированию грузов (p) и движеньческие операции с грузами (PI).

При построении модели управления производительностью труда персонала на железных дорогах США используются по два эксплуатационных измерителя по видам перевозок: по грузовым перевозкам – тонно-километры нетто и количество отправленных тонн; по пассажирским – пассажиро-километры и количество отправленных пассажиров. В формуле (4) эти два показателя трансформируются в финансовой плоскости – оплата труда (социальные отчисления интегрированы в заработную плату индивидуально для каждого работника на его лицевом счете), долевое распределение налоговой нагрузки, отнесенное пропорционально сумме заработной платы.

Для Республики Беларусь и государств постсоветского пространства адекватное использование модели США не даст достоверных результатов. Это связано с тем, что в наших условиях используются два вида эксплуатационных показателей: для транспортной организации в целом – количество отправленных (перевезенных) тонн и тонно-километры нетто; количество отправленных (перевезенных) пассажиров и пассажиро-километры. Причем при оценке затрат труда на начально-конечные операции *учёт производительности труда* выполнялся в натуральных показателях, приходящихся на одного работника в зависимости от рассматриваемых функциональных подразделений:

1) по перевозчикам:

– хозяйству пассажирских перевозок – пассажирооборот (пассажирокилометры), который учитывает количество отправленных и перевезенных пассажиров, среднюю дальность и объём их перевозки по видам сообщений, тяги и классу исполнения; производительность пассажирского вагона; показатели технической эксплуатации пассажирских вагонов (ТО, ТР, ДР) в зависимости от нормативов пробега;

– хозяйству грузовых перевозок – грузооборот (тонно-километры), количество погруженных, выгруженных, отправленных и перевезенных грузов; производительность грузового вагона;

2) по тяге – тонно-километры брутто, локомотивочасы (ТО-2, 3, 5) и локомотиво-километры (ТО-3, ТО-4, ТР-1, ТР-3, ДР-1, ДР-2); часы работы локомотивных бригад по видам тяги и движения;

3) по инфраструктуре:

– хозяйству перевозок – количество принятых и отправленных вагонов (вагонооборот), оборот вагона;

– путевое хозяйство – количество тонно-километров брутто вагонов и локомотивов (пропущенный тоннаж) для перегонов и количество вагоно-километров, локомотиво-километров и поездо-километров

электро- и дизель-поездов при обслуживании стрелочных переводов;

– гражданских сооружений – приведенный грузооборот;

– предприятия автоматики, телемеханики и связи (дистанций) – количество вагоно-километров, приведенного грузооборота, поездо-километров, в зависимости от вида технических устройств, обслуживаемых данными дистанциями;

– хозяйство электрификации и электроснабжения – используются натуральные показатели: количество затраченной электроэнергии на тягу поездов и жизнеобеспечение объектов железнодорожной инфраструктуры, тонно-километры брутто.

Для остальных подразделений используется показатель «приведенные тонно-километры». Следует отметить, что в расчёт принимаются только работники эксплуатационного контингента железной дороги, который значительно меньше списочного состава работников.

Из приведенных выше доводов видно, что на железной дороге имеется большое разнообразие натуральных показателей, используемых для оценки результативности работы структурных подразделений. Такое разнообразие использования натуральных показателей создаёт определенные трудности для приведения к единой оценке производительности труда коллектива железной дороги, тем более, что оно является непригодным для сравнительного анализа и управления производительностью труда и эффективным использованием трудовых ресурсов по железной дороге в целом. МВФ для условий учёта, в которых производительность труда нельзя измерить продукцией или работой в натуральном выражении, применяется стоимостный показатель, оценивающий затраты в человеко-часах на определенные объём и виды работ, т. е. на её трудоёмкость. В результате производительность труда работников транспорта может оцениваться финансовыми показателями в целом для отрасли (по Министерству транспорта и коммуникаций Республики Беларусь), железной дороги, других видов транспорта, их структурных подразделений.

Тогда для Республики Беларусь модель управления производительностью труда на транспорте описывается рядом уравнений.

В общем виде, с учетом положений теории транспортных процессов и систем

$$\Phi_{об}^{от} = \iiint_{W(0)} k_j e_{от}(x_{от}, y_{от}, z_{от}) dx_{от}, dy_{от}, dz_{от}, \quad (6)$$

где k_j – интегрированный трендовый индекс по факторам, характерным для транспортной отрасли (геополитический, платежеспособность, изменение сервиса выполнения пассажирских перевозок, рекламной деятельности, тарифной политики, сезонности выполнения массовых перевозок); $e_{от}$ – затраты отрасли на фонд оплаты труда, социальные отчисления; x – интегрированная нагрузка на отрасль, формирующая производительность труда; y – интегрированный полезный выход, отражаемый в производительности труда; z – функционально-технологическое стояние транспортной отрасли, влияющее на производительность труда.

Для отраслевого хозяйства, занятого на выполнении перевозочного процесса, выражение (6) будет иметь другую смысловую нагрузку и вид

$$\varphi_n^{\text{от}} = \iiint_{W(A)} e_{\text{от}}(m_{\text{от}}, g_{\text{от}}, z_{\text{от}}) dm_{\text{от}}, dg_{\text{от}}, dz_{\text{от}}, \quad (7)$$

где $e_{\text{от}}$ – фонд оплаты труда и социальные отчисления по отраслевому хозяйству по видам деятельности и эксплуатационным показателям хозяйства; $m_{\text{от}}$ – отраслевой показатель, определяющий вид управляемой нагрузки на отраслевое хозяйство, влияющий на производительность труда; $g_{\text{от}}$ – полезный выход отраслевого хозяйства, отражаемый в производительности труда; $z_{\text{от}}$ – функциональное стояние отраслевого хозяйства, влияющее на производительность труда его персонала.

Например, для хозяйства пассажирских перевозок функция управления производительностью труда в финансовых показателях примет вид

$$\varphi_{\text{пс}} = \iiint_{(A)} e_{\text{пс}}(a_{\text{пс}}, (PI)_{\text{пс}}, z_{\text{пс}}) da_{\text{пс}}, d(PI)_{\text{пс}}, dz_{\text{пс}}. \quad (8)$$

При таком подходе эффективность функционирования того или иного вида транспорта выглядит несколько по-иному, чем в соответствии с натуральным показателем. Так, на железных дорогах в 2012 г. совокупный доход на одного работника составил примерно 49,6 тыс. дол. На автомобильном транспорте эти показатели были близки к этому уровню (41,6 тыс. дол.), что существенно отличается от картины, которую дает натуральный показатель производительности труда.

С учётом того, что в транспортных организациях выполняются неоднородные работы, на рынке транспортных услуг наилучший учёт её выполняется в денежном выражении. Это наиболее приемлемо для транспортных организаций, имеющих несколько структурных подразделений, которые выполняют различные виды деятельности: начально-конечные операции с грузами и пассажирами, перевозку и эксплуатацию транспортных средств; их ремонт и техническое содержание; техническую эксплуатацию и развитие транспортной инфраструктуры; вспомогательную деятельность по обеспечению функционирования транспортной организации, логистические и транспортно-экспедиторские услуги.

На любом виде транспорта в соответствии с действующей номенклатурой расходов выделены группы материальных затрат, характерные для управленческого учета во всех странах: фонд оплаты труда, начисления на него (только для стран бывшего СССР), затраты на материалы, энергоресурсы, амортизацию, административные и общехозяйственные расходы. Опыт стран с устойчивой экономикой в производительность труда включает затраты на оплату трудозатрат по статьям, относимым на фонд оплаты труда.

В большинстве стран таким показателем принят фонд оплаты труда по структурному подразделению или транспортной организации с социальными начислениями, приходящийся на одного среднесписочного работника в годовом исчислении.

При таком подходе у ряда развитых европейских стран производительность труда работников транспортных предприятий колеблется от 60 до 84 тыс. евро. Переход на финансовый учет производительности труда потребует значительных изменений в учётной политике государства и отраслевых организаций, занятых в реальном секторе экономики. Для условий работы транспорта такой переход потребует «замораживания» тари-

фов, изменения внутренней номенклатуры расходов и управленческого учёта. В итоге наряду с внутренним перераспределением расходов в пользу фонда оплаты труда и снижением непроизводительных расходов в тарифе на транспортные услуги изменяется сам порядок формирования расходов, предлагаемый МВФ для восточно-европейских государств.

Существенная проблема повышения производительности труда в странах постсоветского пространства, в т. ч. и в Республике Беларусь, – резкое снижение заработной платы во всех секторах экономики (в 15–20 раз по сравнению с 1989 г.), которая является основным элементом производительности труда персонала. При этом следует отметить, что по натуральным показателям производительность труда на транспорте в Республике Беларусь выше в 3–4 раза по сравнению с ФРГ, в 5–6 – в Великобритании, 7–8 – во Франции и Италии. Однако по финансовым показателям эти цифры сильно различаются: в 11–12 раз по сравнению с ФРГ, в 18–19 – в Великобритании, 9–10 – во Франции и Италии.

В результате можно отметить, что сначала производительность труда была искусственно занижена во много раз, а потом со стороны МВФ была озвучена проблема её низкого значения в Республике Беларусь и необходимость её повышения. При этом, проведя сравнительный анализ, можно отметить, что белорусский машинист поезда, при продолжительности рабочего дня 8 ч, ведёт его с массой 3700 т, в то время как в ФРГ – 1340 т при продолжительности рабочего дня до 5 ч. Получается, что по формуле классической схемы финансовой оценки производительности труда, белорусскому машинисту для достижения уровня производительности труда, равной для машиниста ФРГ, нужно в год трудиться свыше 11000 ч, что явно является нереальным.

Видимо, для условий Республики Беларусь нужен другой вариант, реализованный в странах с неустойчивой экономикой (например, Греции и Италии), которым удалось существенно увеличить производительность труда на транспорте, что обеспечило значительное повышение платежеспособности населения и понизило зависимость населения от государственных субсидий из бюджета на социальные нужды и повысило вложения в развитие транспортной инфраструктуры. Это позволило существенно повысить имидж железнодорожных перевозок и спрос у населения, несмотря на высокий тариф.

Заключение. Следует отметить, что производительность труда является важным показателем продуктивности труда персонала отрасли. Производительность труда измеряется объемом работы одного работника, выполненной в единицу времени. Положительная динамика этого показателя определяет экономии трудозатрат на предприятии и ведет к экономическому росту в стране.

Опыт многих стран показывает, что производительность труда должна быть тесно увязана с оплатой труда и социальными отчислениями.

Существуют различные методы измерения производительности труда, которые имеют свои преимущества и недостатки расчетов. Современные технологии, применяемые в транспортной отрасли, позволяют повысить производительность труда при неизменных затратах живого труда. Однако при падении объемов перевозок грузов и пассажиров и неизменном сохранении рабочих

мест и численности персонала, при низких размерах оплаты труда и наличии опережающего темпа инфляции происходит перекоп учета производительности труда в традиционной форме.

Более общим и правильным показателем продуктивности труда является его эффективность труда, которая учитывает трудозатраты и качество труда при выполнении перевозочного процесса, выраженное в финансовых показателях. Тогда производительность труда становится показателем, наиболее полно учитывающим все экономические факторы транспортного процесса. Он сможет отражать социально-экономический уровень продуктивности труда как следствия развития отрасли и характеризовать перспективу социально-экономических отношений труда в отрасли и отраслевых хозяйствах.

Список литературы

- 1 **Pencavel, J.** The Productivity of Working Hours. Discussion Paper Series / J. Pencavel / Stanford University and IZA. – Stanford, USA. – 2014. – 26 Apr. – No. 8129.
- 2 **Воронин, С. И.** Организационные аспекты повышения производительности труда в условиях инновационной экономики / С. И. Воронин, В. Ю. Пестов // Экономинфо. – 2017. – № 1–2. – С. 28–31.
- 3 **Заборина, Е. В.** Возможности управления производительностью труда / Е. В. Заборина, Т. С. Гурьева // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2017. – № 1 (20). – С. 139–141.
- 4 **Зубарева, О. А.** Анализ формирования и эффективности использования фонда заработной платы / О. А. Зубарева // Современное состояние и приоритетные направления развития аграрной экономики и образования : сб. трудов конф. – Ростов н/Д : ДГАГУ, 2019. – С. 234–237.
- 5 **Комаристый, Д. П.** Задачи, связанные с управлением производительностью труда / Д. П. Комаристый // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2018. – № 2 (21). – С. 199–201.
- 6 **Кучина, Е. В.** Методологические подходы к оценке производительности труда на микроуровне / Е. В. Кучина, А. К. Ташев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – Серия Экономика и менеджмент. – 2017. – Т. 11. – № 2. – С. 42–47.
- 7 **Планирование производительности труда в вертикально-интегрированных организациях на основе факторного метода / С. В. Малинин [и др.] // Экономика и управление : науч.-практ. журнал. – Уфа, 2018. – С. 108–114.**
- 8 **Минина, Ю. И.** Методологические проблемы исследования производительности труда как социально-экономической категории / Ю. И. Минина // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2010. – № 4. – С. 43–52.
- 9 **Надреева, Л. Л.** Производительность труда в сфере услуг / Л. Л. Надреева // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2015. – № 1. – С. 144–123.
- 10 **Овчинников, О. А.** Современный подход к пониманию категории «Производительность труда» / О. А. Овчинников // Вестник Университета Российской академии образования. – 2016. – № 2. – С. 197–211.
- 11 **Рыбакова, Ю. Р.** Резервы повышения производительности труда за счет сокращения потерь рабочего времени / Ю. Р. Рыбакова // Актуальные вопросы права, экономики и управления : сб. науч. статей XII Междунар. науч.-практ. конф. – М. : Наука и Просвещение, 2018. – С. 202–205.
- 12 **Сухарев, О. С.** Производительность труда в промышленности: системная задача управления / О. С. Сухарев, Е. Н. Стрижакова // Экономика и предпринимательство. – Брянск, 2014. – № 8(49). – С. 389–402.

Получено 25.09.2019

A. A. Mikhalchenka, O. A. Hodoskina. Labor product research in transport activity.

The results of studies of changes in the level of labor productivity in transport activities in rail and road transport are presented. The assessment of the impact of the main parameters in the nomenclature of expenses and tariff policy of transport organizations on the growth of staff productivity has been given. The results of studies of this problem by scientists from different countries and using the experience of its solution in the Republic of Belarus are considered. The possibilities of increasing labor productivity in transport activities in the Republic of Belarus are assessed, and methodological foundations providing these opportunities are given.

УДК 811.112.2:656.2

Н. А. ГРИШАНКОВА, кандидат филологических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИЕРАРХИЯ ВИДОВ ЧТЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЕКСТОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ГОВОРЕНИЮ НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ (из опыта работы с магистрантами неязыковых специальностей)

Представлена целенаправленная организация видов чтения железнодорожных текстов при обучении говорению магистрантов на иностранном языке. Рассматриваются особенности процесса их обучения.

Определяется соотношение видов чтения с видами восстановления информативного содержания текста-источника средствами иностранного языка.

Обсуждаются виды чтения, основанные на разных умениях, которые в процессе обучения формируются на текстах различного характера и при помощи различных учебных заданий.

Методика преподавания иностранных языков в группах магистрантов, соискателей, аспирантов неязыковых специальностей относится к актуальным и недостаточно исследованным проблемам. Это обучение имеет, однако, свои особенности, обусловленные как требованиями к экзамену по кандидатскому минимуму, так и спецификой самого процесса обучения [1, 2, 4].

Особенности обучения магистрантов заключаются в том, что они:

- уже владеют определенными навыками чтения и активной речевой деятельности;
- имеют активный запас слов общелитературного и терминологического характера;
- чтение для магистранта является не только основным видом получения научной информации, но и основой моделирования устной и письменной речи;
- преподаватель иностранного языка лишен возможности адаптации специальной литературы, необходимой магистранту для выполнения научной работы.

Исходный уровень владения языком у магистрантов может быть различным. Целенаправленная организация (иерархия) видов чтения учитывает на первых порах индивидуальные знания и способности обучающихся. Одним из основных факторов такой организации является введение регламента времени, а не количества знаков.

Получившие распространение в высшей школе принципы тестирования, само- и взаимоконтроля, техника реферирования и аннотирования позволяют рационально использовать различные методические приемы и компоненты контроля.

Известно, что для адекватного понимания иностранного текста необходимо уметь ориентироваться в структуре предложения: выделять его семантическое ядро, устанавливать связь между компонентами, находить наиболее значимые информативные признаки и т. д. Основную трудность при этом составляют не столько лексические, сколько грамматические моменты, особенно синтаксический строй немецкого языка и, прежде всего, гипотаксис: сцепление придаточных предложений, обилие обособленных конструкций, развернутая группа существительного, компоненты которой нередко пронизывают всё предложение, обуславливая его разрастание. Важно научить магистранта правильно разбираться в синтаксической структуре, проникать в неё [7].

Обучение чтению как самостоятельному виду речевой деятельности связано с различением чтения вслух (техника чтения) и про себя.

За время учебы в вузе магистрант должен овладеть тремя основными видами чтения на иностранном языке: изучающим, ознакомительным и просмотровым.

Окончив обучение в магистратуре, специалист относительно легко читает иностранную литературу по своей специальности. Часто перед ним возникает проблема – как передать полученную в результате чтения информацию другим специалистам, т. е. как восстановить информативное содержание прочитанного текста-источника средствами изучаемого языка [1, 3, 5, 6].

Основными видами восстановления информативного содержания прочитанного является подробный или обобщенный пересказ прочитанного, передача его содержания в виде перевода – реферата или аннотации, ответов на вопросы.

Каждый вид чтения требует своих видов восстановления информативного содержания прочитанного.

В качестве аудиторного чтения используется главным образом изучающее чтение. Для восстановления информативного содержания прочитанного могут использоваться все его виды: перевод, реферат, аннотация, пересказ. Для формирования этих вторичных умений на занятиях следует выделять определенное время. На кафедре славянских и романо-германских языков чтению и переводу как виду восстановления информативного содержания прочитанного с выходом в реферат или аннотацию посвящается весь первый семестр. В следующем семестре наряду с совершенствованием навыков и умений устной речи продолжается обучение видам восстановления информативного содержания прочитанного.

Задача ознакомительного чтения (аудиторного и внеаудиторного) – охватить целое, быстро понять содержание текста без предварительного анализа лексики и грамматических форм. Основными видами восстановления информативного содержания прочитанного при этом виде чтения являются аннотация, пересказ, ответы на вопросы.

Если читающий ставит цель познакомиться с тематикой текста, то он использует для её реализации просмотровое чтение. Такое чтение предоставляет ему очень ограниченные возможности восстановить информативное содержание текста-источника. Он может только очень коротко, в общих чертах характеризовать текст с точки зрения его тематики путем пересказа или ответов на вопросы.

Соотношения видов чтения с видами восстановления информативного содержания текста-источника средствами иностранного языка представлены на рисунке 1.

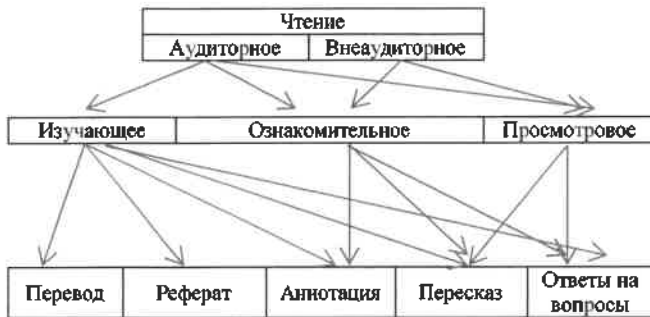


Рисунок 1 – Соотношение видов чтения с видами восстановления информативного содержания текста-источника

В литературе по психологии и методике обучения иностранным языкам отмечаются общие закономерности чтения, аудирования и особенности каждого из этих видов речевой деятельности, а также обычно рассматривается влияние чтения на развитие навыков аудирования.

Целенаправленное формирование навыка аудирования помогает, в свою очередь, ускорению темпа чтения, способствует обучению приемам извлечения основной информации. Выполнение упражнений по аудированию (с опорой на текст, затем без зрительного подкрепления) способствует прочному усвоению лексического и грамматического минимума, как основы для формирования навыка чтения.

Эксперименты и практика работы показывают, что на развитие навыка чтения в значительной степени влияет письмо. Чтение и письмо относятся к более сложным видам речевой деятельности и требуют специального целенаправленного обучения. Письменные задания на первом этапе способствуют осмыслению и обобщению грамматических закономерностей иностранного языка, помогают установить логические связи между отдельными членами предложения и предложениями, обучают глубокому проникновению в смысл читаемого, точности понимания прочитанного. Во втором семестре всё большую роль играют письменные задания по сворачиванию и трансформации прочитанного. Обучение составлению аннотаций, рефератов, письменному переводу текстов по теме научного исследования определяет место письма как самостоятельного вида речевой деятельности и соответствует профессиональным и возрастным интересам магистрантов технических вузов.

В связи с этим нами проведено статистическое исследование основных корреляционных связей показателей чтения и перевода со словарем и без словаря (степень понимания и скорость чтения), а также двух показателей письменного перевода – объема в единицу времени и качества перевода, оцениваемого количеством лексических и грамматических ошибок на единицу объема переведенного текста. Степень понимания при чтении определялась с помощью тестов с множественным выбором среди четырех вариантов ответов.

Показатели обученности (степень понимания при аудировании, знание лексики и грамматики) определялись в основном с помощью теста. Непроизвольное за-

поминание контролировалось путем непреднамеренного запоминания слов немецкого языка в тестах аудирования или путем непреднамеренного заучивания значений немецких слов в читаемом или переводимом тексте.

Показатель качеств личности определялся по пяти составляющим: целеустремленности, трудолюбию, аккуратности, организованности и общительности (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции показателей чтения и перевода с показателями обученности и обучаемости (76 магистрантов)

Показатель	Чтение				Перевод письменно	
	Понимание		Скорость		объем	качество
	со словарем	без словаря	про себя	вслух		
Аудирование	0,34	0,40	0,20	0,18	0,23	0,36
Устная диалогическая речь	н.д.	0,36	0,29	0,25	0,22	
Словарь НЯ	0,41	0,58	0,43	0,38	0,36	0,50
Грамматика НЯ	0,47	0,54	0,36	0,33	0,45	0,60
Словарь РоЯ	н.д.	0,37	0,20	0,17	0,40	0,46
Непроизвольная память при:						
1) чтении	0,37	0,45	0,31	0,30	0,33	0,37
2) аудировании	0,39	0,40	0,23	0,30	0,21	0,31
3) переводе	н.д.	0,37	0,05	0,06	0,56	0,40
Произвольная память:						
1) зрительная	н.д.	0,39	0,21	0,14	0,37	0,41
2) при аудировании	н.д.	0,28	0,09	0,12	0,22	0,27
Механическая память:						
1) зрительная	0,20	0,25	0,11	0,08	0,20	0,26
2) при аудировании	н.д.	0,20	0,03	0,00	0,06	0,09
Дифференциация:						
1) зрительная	н.д.	0,50	0,47	0,51	0,30	0,36
2) слуховая	0,38	0,39	0,46	0,44	0,26	0,46
Применение грамматических правил	0,38	0,44	0,19	0,13	0,40	0,56
Вероятностное прогнозирование	0,33	0,35	0,24	0,21	0,24	0,28
Интерес к НЯ	0,27	0,33	0,30	0,32	0,31	0,39
Мотивация	0,24	0,36	0,37	0,34	0,27	0,35
Качества личности	0,20	0,22	0,16	0,18	0,21	0,34

Примечание – НЯ – нем. язык, РоЯ – родной язык, н.д. – нет данных.

Выводы. Приведенные материалы свидетельствуют о том, что критериями зрелого чтения следует считать умение выбрать оптимальный вид чтения в зависимости от цели.

При обучении различным видам чтения циклически углубляется контроль понимания, расширяется и варьируется тема текста, что ведет к более свободному изложению.

Проведенный на кафедре славянских и романогерманских языков эксперимент показал, что изучающее (вдумчивое) чтение наряду с извлечением информации, заключенной в иноязычных текстах по специальности, предполагает сопоставительный анализ лингвостатистической и лингвистической разнотипности иностранного и родного языков. Он вырабатывает и закрепляет такие важные умения и навыки магистрантов, как узнавание и освоение типологии языков. В этом случае обеспечивается 100%-ное понимание информации.

Ознакомительное чтение помогает специалисту ознакомиться с общим содержанием статьи, книги (достигается общее понимание поставленных проблем, понимание общей линии аргументации авторов и т.д.).

Этот вид чтения помогает понять не менее 70% информации.

Взаимодействие чтения, письма и аудирования является одним из условий успешного выполнения основного требования программы по иностранным языкам для технических вузов.

Список литературы

1 Брускова, Н. В. Трансформация теоретической грамматики в практику перевода / Н. В. Брускова // Иностр. языки в школе. – 2019. – № 1. – С. 46–53.

2 Гришанкова, Н. А. К вопросу о методике преподавания иностранных языков в аспирантских группах / Н. А. Гришанкова // Теоретические и практические аспекты обучения иностранным языкам в вузе : сб. науч. тр. – М., 2014. – Вып. 4. – С. 14–15.

3 Гришанкова, Н. А. К вопросу подготовки магистрантов в техническом вузе / Н. А. Гришанкова, М. И. Дроздова // Теория и техника профессионально ориентированного обучения иностранным языкам : материалы VIII Междунар. науч.-

практ. конф., Минск, 14–16 мая 2015 / редкол. : Е. М. Дубровенко (гл. ред.), Н. А. Круглик. – Минск : Междунар. ун-т «МИТСО» – С. 29–32.

4 Гришанкова, Н. А. Немецкий язык для магистрантов и аспирантов : учеб.-метод. пособие / Н. А. Гришанкова. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 94 с.

5 Петрова, М. В. Мост между языком и профессией / М. В. Петрова // Иностр. языки в школе. – 2018. – № 4. – С. 42.

6 Рождественская, И. Н. Развитие у студентов бакалавриата мотивации к профессиональному саморазвитию / И. Н. Рождественская // Иностр. языки в школе. – 2019. – № 1. – С. 19–25.

7 Тарашкевич, Е. И. Система упражнений по работе над текстами по специальности (из опыта работы с магистрантами и адъюнктами) / Е. И. Тарашкевич // Актуальные вопросы германской филологии и методики преподавания иностранных языков: материалы XV Респ. науч.-практ. конф. (Брест, 25 февраля 2011). В 2 ч. Ч. 2 / редкол. Н. А. Тарасевич [и др.]. – Брест : Альтернатива, 2011. – С. 121–123.

Получено 24.10.2019

N. A. Grishankova. Different types of reading railway texts used in the process of developing postgraduate's speaking skills are purposefully arranged.

The features of the language-training process of the postgraduates are considered. Relationship of the types of reading with the different types of reproducing informative content of the information sources by means of a foreign language is determined. The types of reading based on particular skills acquired in the process of studying different texts with the help of various tasks are discussed.

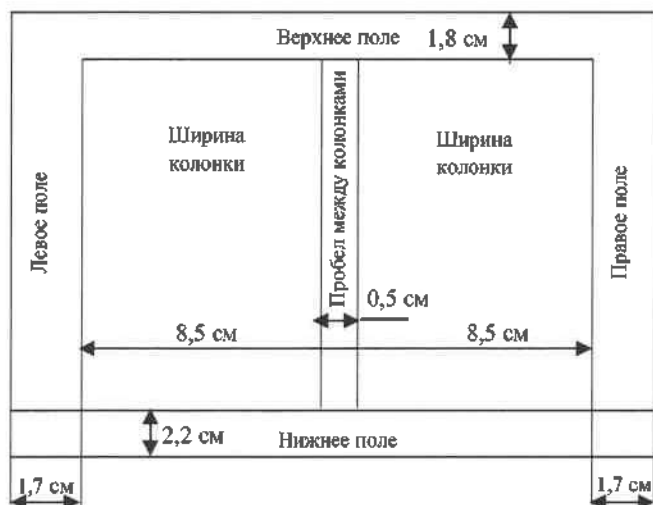
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

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: tatiana101@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 трех 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 – индекс 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 пяти 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 строчной), 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 трех) 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.