

ISSN 2075-7204

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

№ 2 (61) 2022

**НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛОКАЛЬНЫХ
ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В СОСТАВЕ МНОВАЛЬНОГО ПРИВОДА**
NEURAL NETWORK METHOD OF ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF LOCAL DAMAGE
TO GEARS AS PART OF A MULTI-SHAFT DRIVE

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ
НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**
FORMATION OF A COMPLEX OF MEASURES AIMED TO ENSURE
THE OPERATIONAL RELIABILITY OF VEHICLES

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ
ОТ МОБИЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ
«ЗЕЛеной» ЭКОНОМИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**
STUDY OF HARMFUL EMISSIONS FROM MOBILE SOURCES AND THEIR IMPACT
ON THE DEVELOPMENT OF THE "GREEN" ECONOMY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

СТАЦИОНАРНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА



Предназначены для отображения информации и формирования управляющего воздействия в составе различных типов систем управления, в том числе технологическими процессами.

В составе автоматизированных рабочих мест применяются современные высокопроизводительные вычислительные средства на базе процессоров Intel Core i7.

Возможны мультимониторные конфигурации рабочих мест.

Компоновка и изготовление специальных физических панелей управления (кнопки, переключатели, тумблеры, потенциометры, сигнальные лампы и табло).

Диагональ экрана	от 10 до 24 дюймов
Устройства ввода	клавиатура, мышь; опционально — джойстик, трекбол, сенсорные панели
Сетевой интерфейс	Ethernet 1 Гбит/с, до 6 портов

Промышленное исполнение оборудования: защита от внешних воздействий, вибрации, расширенный диапазон рабочих температур.

Разработка специального программного обеспечения по требованиям Заказчика.



Республика Беларусь, 220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1
Тел.: (+375 17) 311-05-69, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspbel.com

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28 января 2022 г. № 14 (с изменениями, внесенными приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 7 февраля 2022 г. № 25) научно-практический журнал «Новости науки и технологий» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований в 2022 г. по экономическим и техническим (машиностроение и машиноведение; приборостроение, метрология и информационно-измерительные системы) наукам.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ И РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Шлычков Сергей Владимирович

канд. воен. наук, доцент, Председатель ГКНТ

ЗАМЕСТИТЕЛИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

Балтрукович Пётр Иванович

канд. техн. наук, директор ГУ «БелИСА», главный редактор

Савенко Сергей Александрович

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ГУ «НИИ Вооруженных Сил Республики Беларусь», научный редактор

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Аваков Сергей Мирзоевич

д-р техн. наук, профессор кафедры электронной техники и технологии БГУИР, Генеральный директор ОАО «Планар»

Бойков Владимир Петрович

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Тракторы» БНТУ

Ботеновская Екатерина Сергеевна

канд. экон. наук, доцент кафедры комплексного изучения развития КНР факультета международных отношений БГУ

Володько Владимир Фёдорович

д-р пед. наук, профессор, зав. кафедрой «Менеджмент» БНТУ

Ганэ Вадим Арведович

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник НПООО «ОКБ ТСП»

Данильченко Алексей Васильевич

д-р экон. наук, профессор, декан факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства БНТУ

Дерновой Владимир Михайлович

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, главный эксперт, член Совета директоров НПООО «ОКБ ТСП», заместитель главного редактора

Дорощук Ольга Владимировна

канд. биол. наук, ученый секретарь ГУ «БелИСА», заместитель главного редактора

Ивуть Роман Болеславович

д-р экон. наук, профессор, член-корр. НАН Беларуси, зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ, научный редактор

Коробкин Владимир Андреевич

д-р техн. наук, профессор, лауреат Ленинской премии СССР

Косовский Андрей Аркадьевич

канд. экон. наук, доцент, Первый заместитель Председателя ГКНТ

Листопад Николай Измаилович

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационных радиотехнологий БГУИР

Новикова Ирина Васильевна

д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития БГУ

Судиловская Елена Владимировна

зав. сектором ГУ «БелИСА», ответственный секретарь, выпускающий редактор

Тумилович Мирослав Викторович

д-р техн. наук, доцент, начальник управления подготовки научных кадров высшей квалификации УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Щербаков Сергей Сергеевич

д-р физ.-мат. наук, профессор, академик-секретарь Отделения физико-технических наук НАН Беларуси

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Баханович Александр Геннадьевич

д-р техн. наук, доцент, ректор УО «Брестский государственный технический университет»

Евдокимов Виктор Валерьевич

д-р экон. наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины, ректор Государственного университета «Житомирская политехника» (Украина)

Милорад М. Кураца

д-р физ. наук, профессор, профессор Физического факультета Белградского университета (Сербия)

Рудый Кирилл Валентинович

д-р экон. наук, профессор, независимый директор ОАО «Банк развития Республики Беларусь»

Фоломьев Александр Николаевич

д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры государственного регулирования экономики Института государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Российская Федерация)

Чижик Сергей Антонович

академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор, Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси

№ 2 (61) 2022 г.

Издается с декабря 2004 г.

Зарегистрирован
в Министерстве информации
Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации
№ 576 от 24.07.2009 г.

Учредитель:

Государственное учреждение
«Белорусский институт системного анализа
и информационного обеспечения
научно-технической сферы»
(ГУ «БелИСА»)

Издатель:

ГУ «БелИСА»
Свидетельство о регистрации
в Министерстве информации
Республики Беларусь
№ 1/307 от 22.04.2014 г.

Адрес редакции:

пр. Победителей, 7,
220004, г. Минск
ГУ «БелИСА»

(журнал «Новости науки и технологий»)

Тел.: (+375 17) 203-41-23,
(+375 17) 306-09-46

Факс: (+375 17) 226-63-25

E-mail: vl@belisa.org.by,
isa@belisa.org.by

<http://www.belisa.org.by>

Над номером работали:

О. М. Сенкевич, Е. В. Судиловская.

Издание распространяется:

1. По подписке через редакцию, а также через РУП «Белпочта».
2. По целевой адресной рассылке в органы государственного управления, организации и предприятия научно-технической сферы.
3. На международных республиканских выставках, конференциях, семинарах.

Подписные индексы:

002802 — для предприятий и организаций
00280 — для индивидуальных подписчиков

© «Новости науки и технологий»

Публикуемые материалы отражают мнение их авторов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. При перепечатке публикаций ссылка на журнал обязательна. Все упомянутые в материалах журнала наименования продуктов и товарные знаки являются собственностью их владельцев. Научные публикации рецензируются.

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,95.

Гарнитура Minion.

Подписано в печать 21.06.2022 г.

Тираж 100 экз. Заказ № 6.

Отпечатано в издательско-полиграфическом отделе ГУ «БелИСА».

Лиц. 02330/485 от 14.09.2018.

ВНОМЕРЕ:

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Нейросетевой метод акустической диагностики локальных повреждений зубчатых колес в составе многовального привода

А. Г. Баханович, А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол

Neural Network Method of Acoustic Diagnostics of Local Damage to Gears as Part of a Multi-Shaft Drive 3

A. Bakhanovich, A. Parfievich, V. Sokol

Формирование комплекса мероприятий, направленных на обеспечение эксплуатационной надежности транспортных средств

И. В. Матвиенко

Formation of a Complex of Measures Aimed to Ensure the Operational Reliability of Vehicles 11

I. Matvienko

Исследование выбросов вредных веществ от мобильных источников и их влияние на развитие «зеленой» экономики в Республике Беларусь

Р. Б. Ивуть, Д. Н. Месник

Study of Harmful Emissions from Mobile Sources and their Impact on the Development of the “Green” Economy in the Republic of Belarus..... 19

R. Ivut, D. Mesnik

Энергоэффективное устройство генерации низкотемпературной плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении

А. Н. Осипов, Е. Н. Каленкович, Д. А. Котов, В. А. Рокач, П. И. Балтрукович, И. О. Хазановский

Energy Efficient Device for Low-Temperature Dielectric Barrier Discharge Plasma at Atmospheric Pressure Generating 27

A. Osipov, E. Kalenkovich, D. Kotov, V. Rokach, P. Baltrukovich, I. Khazanovsky

Многокритериальная задача о диете и ее применение при разработке рационов питания

Н. И. Лисейчиков, В. В. Ерошевич

The Multicriteria Problem of Diet and Its Application in the Development of Diets 33

N. Liseichikov, V. Yeroshevich

Цифровая трансформация железнодорожных грузовых перевозок как ключевой фактор повышения эффективности

А. А. Хорошевич

Digital Transformation of Rail Freight Transportation as a Key Factor in Increasing Efficiency 42

A. Khoroshevich

Анализ динамики транзитных автомобильных перевозок грузов в транспортном комплексе Республики Беларусь

А. С. Зиневиц

Dynamics Analysis for Road Freight Transit Transportation in the Transport Complex of the Republic Of Belarus 50

A. Zinevich

**РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА:
ТЕРРИТОРИЯ ИНФОРМАЦИИ**

Услуги и сервисы Республиканской научно-технической библиотеки..... 57

НА ЗАМЕТКУ

Правила для авторов..... 63

УДК 620.179.18

НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В СОСТАВЕ МНОГОВАЛЬНОГО ПРИВОДА

NEURAL NETWORK METHOD OF ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF LOCAL DAMAGE TO GEARS AS PART OF A MULTI-SHAFT DRIVE

А. Г. Баханович,

ректор УО «Брестский государственный технический университет», д-р техн. наук, доцент,
г. Брест, Республика Беларусь

А. Н. Парфиевич,

заведующий кафедрой прикладной механики УО «Брестский государственный технический университет»,
канд. техн. наук, г. Брест, Республика Беларусь

В. А. Сокол,

старший преподаватель кафедры машиностроения и эксплуатации автомобилей УО «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

A. Bakhovich,

Rector of the El "Brest State Technical University", Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Brest, Republic of Belarus

A. Parfievich,

Head of the Department of Applied Mechanics of the El "Brest State Technical University", PhD, Brest, Republic of Belarus

V. Sokol,

Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering and Automobile Operation of the El "Brest State
Technical University", Brest, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 18.05.2022.

В статье рассмотрен нейросетевой подход акустической диагностики локального повреждения зуба зубчатого колеса многовального привода, основанный на синтезе амплитудно-частотного анализа акустического сигнала и искусственных нейронных сетей. Предложена искусственная нейросетевая модель, позволяющая выявлять поврежденные зубчатые колеса в составе многовальных приводов с разной кинематической структурой и оценивать степень развитости локальных дефектов. Эффективность предлагаемого подхода подтверждена экспериментально.

The article considers a neural network approach to acoustic diagnostics of local damage to a gear tooth of a multi-shaft drive, based on the synthesis of an amplitude-frequency analysis of an acoustic signal and artificial neural networks. An artificial neural network model is proposed that makes it possible to identify damaged gears in multi-shaft drives with different kinematic structures and to assess the degree of development of local defects. The effectiveness of the proposed approach has been experimentally confirmed.

Ключевые слова: акустическая диагностика, нейросетевой метод, зубчатые передачи, локальный дефект, многовальный привод.

Key words: acoustic diagnostics, neural network method, gears, local defect, multi-shaft drive.

Введение.

Практически все известные методики акустической диагностики повреждений зубчатых колес многовальных приводов обладают одним из следующих недостатков [1]:

- возможностью диагностирования оборудования, работающего только при квазистационарных и безударных режимах;
- отсутствием алгоритмов отделения информативной составляющей сигнала от вибрации, вызванной внешними воздействиями на объект диагностики;
- низкой степенью автоматизации выявления типа повреждения зубчатого колеса, обуславливающей необходимость наличия высококвалифицированного персонала в области акустической диагностики;

– наличием жестких алгоритмов, исключающих возможность изменения программной конфигурации вычислительных средств.

Анализ литературных источников [2, 3, 4], посвященных оценке технического состояния зубчатых колес многовальных приводов, показал, что одним из наиболее перспективных из существующих методов неразрушающего контроля является виброакустический, основанный на взаимосвязи степени повреждения зуба зубчатой передачи и параметров ударных импульсов в зубчатом зацеплении.

При мониторинге технического состояния механических приводов на основе зубчатых передач использование экспертного анализа затруднено вследствие наличия значительного числа источников акустической активности, формирующих итоговый анализируемый сигнал. Для оценки состояния каждого элемента рассматриваемого привода необходимо наличие определенного перечня критериев. Вследствие этого необходимо рассмотреть возможность использования синтеза амплитудно-частотного анализа акустического сигнала и искусственных нейронных сетей, позволяющего формировать массив информативных составляющих анализируемого сигнала [5, 6, 7], его автоматизированную обработку и выявление вида повреждения зубчатого колеса. Это позволит усовершенствовать процедуру диагностирования локальных повреждений зубчатых колес в составе многовального привода.

Нейросетевой метод диагностики.

Эффективность мониторинга и диагностики состояния многовального привода на основе зубчатых колес зависит от числа составляющих анализируемого сигнала, доступных для измерения и анализа с представлением в виде спектра посредством преобразования Фурье. В применяемых анализаторах разрешение спектра составляет 4000–8000 линий, что приводит к потере некоторых составляющих, характеризующих техническое состояние исследуемого объекта. Поэтому на этапе сбора информации необходимо использовать контрольно-диагностическое оборудование, позволяющее фиксировать максимальный объем информации с достаточной разреженностью [8].

С точки зрения диагностики наиболее ценным является следующий ряд частотных составляющих, изменение амплитуд которых характеризует состояние исследуемого объекта [6, 7]:

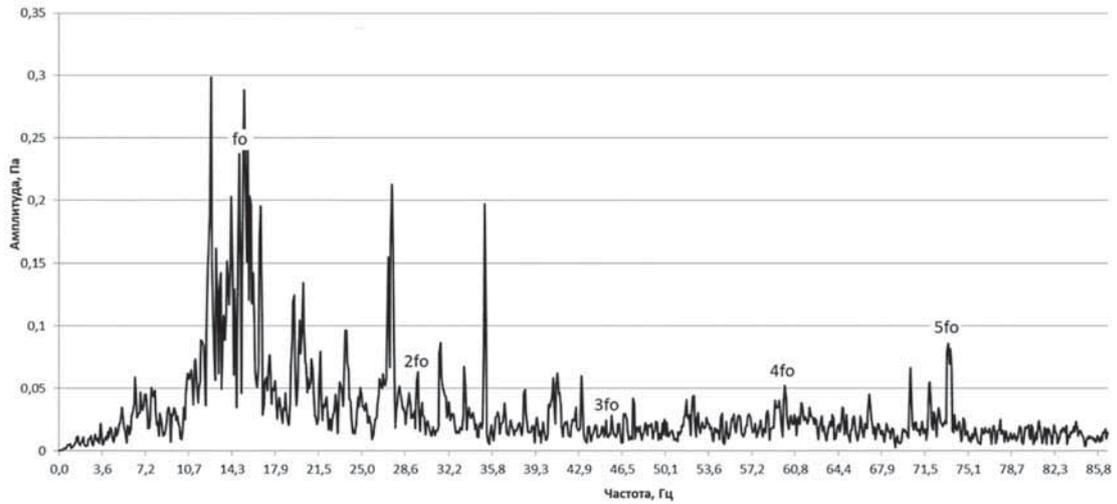
- 1) оборотные составляющие зубчатых колес f_0 и кратные им, соответствующие частоте вращения зубчатого колеса кинематической цепи (рис. 1, а);
- 2) зубцовые составляющие зубчатых колес f_z и кратные им, соответствующие частоте пересопряжения зубьев зубчатых колес (рис. 1, б);
- 3) комбинированные частотные составляющие $m \cdot f_z \pm k \cdot f_0$, появляющиеся при прохождении зоны зубозацепления локального повреждения зубчатого колеса [9, 10, 11] (рис. 1, в).

В ходе собственных экспериментальных исследований было установлено, что объем анализируемых данных для выявления поврежденного зубчатого колеса в составе многовального привода может быть ограничен: зубцовой частотой f_z и 4 кратным ей гармоникам, оборотной частотой f_0 и 4 кратным ей гармоникам, а также 5 комбинированными $m \cdot f_z \pm k \cdot f_0$ частотами по обе стороны от f_z и $m \cdot f_z$ [12]. Вычисление автоматизировано и реализовано в рамках используемого диагностического комплекса на основе функции «Анализ гармоник» (табл. 1) [8].

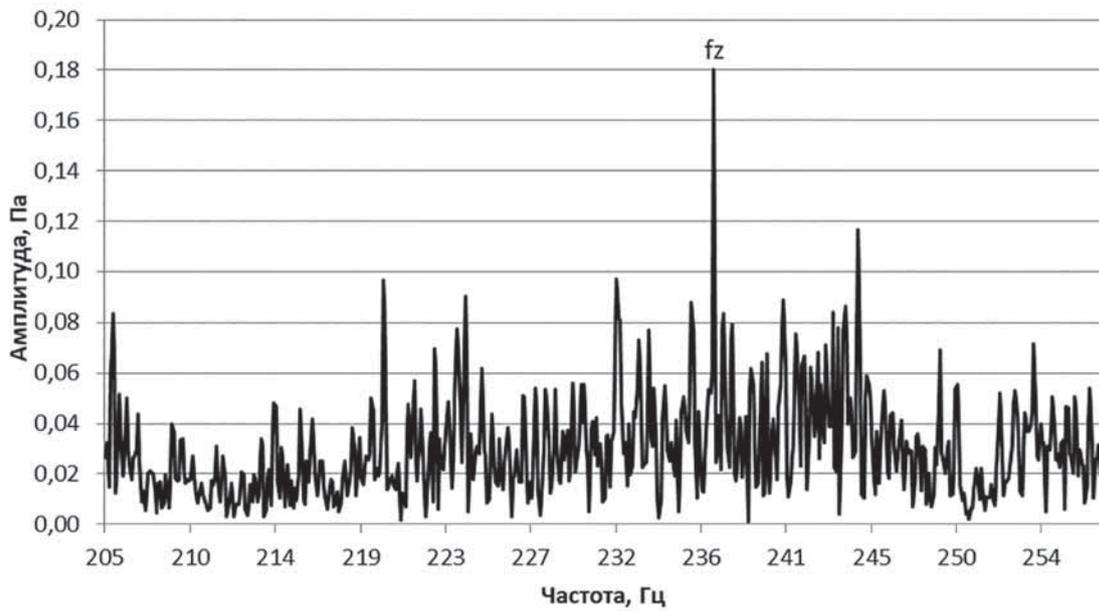
Таблица 1

Экспериментальные данные, характеризующие состояние анализируемого зубчатого колеса

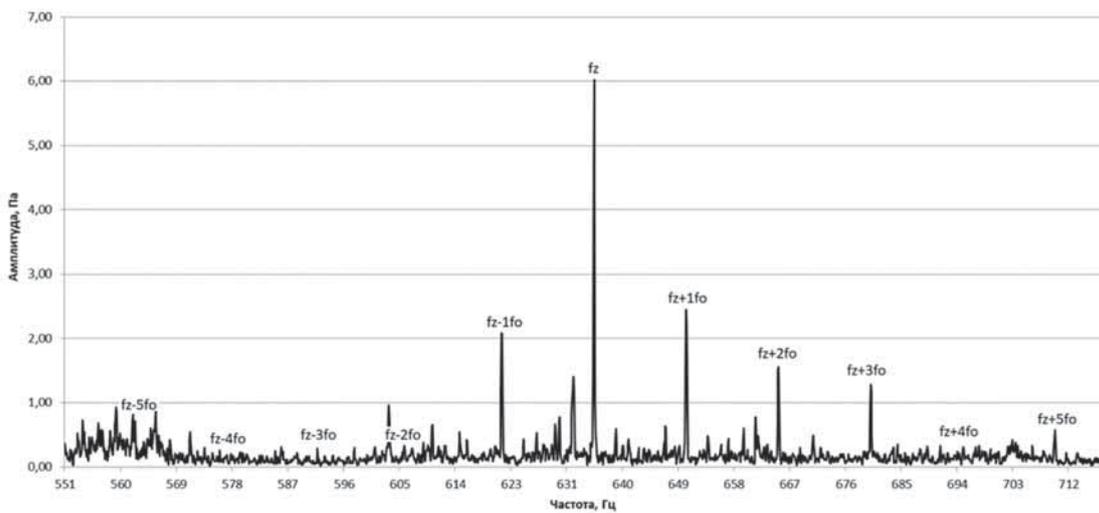
i	Амплитуды гармоник											
	оборотной частоты f_{oi}	зубцовой частоты f_{zi}	модулированных боковых полос $f_{zi} \pm i f_{oi}$									
			j = -5	j = -4	j = -3	j = -2	j = -1	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5
1	0,067	2,73	1,06	0,89	0,74	1,28	1,65	0,96	1,14	0,46	0,46	0,15
2	0,032	0,78	0,58	0,48	1,33	0,88	1,03	0,55	0,14	0,48	0,25	0,07
3	0,017	0,67	0,84	0,13	0,16	0,41	0,22	0,15	0,17	0,72	0,20	0,44
4	0,023	0,06	0,05	0,06	0,06	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09
5	0,028	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,11	0,03	0,02	0,02	0,03



а)



б)



в)

Рис. 1. Фрагменты спектра акустического сигнала

В качестве объекта экспериментальных исследований использована коробка скоростей привода главного движения токарного станка SN-501 [12].

На шестерне вала II $z = 43$ имитировался локальный дефект рабочей части зуба различной величины (25, 50, 75 % длины по вершине зуба и без зуба) [12]. Результаты, полученные при использовании серийных колес, приняты эталонными.

Для решения задачи классификации состояния зуба экспериментальной шестерни $z = 43$ полученный объем экспериментальных данных разделен на 5 классов в зависимости от состояния зуба (технически исправное зубчатое колесо, 25, 50, 75 % длины по вершине зуба повреждено и без зуба).

В качестве классификатора использована классическая искусственная нейронная сеть, построенная на нейронах Кохонена и имеющая следующую структуру (рис. 2) [13]:

- 1) первый слой, состоящий из 60 нейронов, формируется на основе функции «Анализ гармоник» (см. табл. 1) и предназначен для распределения входных сигналов на нейроны второго слоя;
- 2) второй слой, состоящий из 30 нейронов, определяется экспериментально и осуществляет кластеризацию входного пространства образов [13, 14, 15];
- 3) третий слой, состоящий из 5 линейных нейронных элементов, осуществляет отображение кластеров, сформированных предыдущим слоем.

Алгоритм обучения сформированной искусственной нейронной модели представлен в [13–15] и представляет собой последовательность следующих шагов:

- 1) случайная инициализация весовых коэффициентов нейронов слоя;
- 2) распределение входного образа из обучающей выборки на нейронную сеть и вычисление евклидова расстояния между входным образом и весовыми векторами нейронных элементов слоя; нейронного элемента-победителя с соответствующим номером; выходного значения нейрона-победителя; модификация весовых коэффициентов нейрона-победителя;

3) процесс повторяется для всех входных образов;

4) обучение производится до желаемой степени согласования между входными и весовыми векторами.

В качестве обучающей выборки сформировано 120 образов — по 24 образа для каждого из 5 классов соответственно. Тестовая выборка сформирована из 30 образов — по 6 для каждого класса соответственно. Представленная нейронная сеть имеет достаточную точность классификации, равную $\approx 97\%$ [12].

В качестве исследуемых объектов выбраны зубчатые колеса коробки передач универсального токарного станка модели SN-501:

- 1) шестерня ($z = 43$, $m = 3$ мм), имеющая локальный дефект рабочей части вершины профиля одного зуба (рис. 3, а);
- 2) блок шестерен ($z = 38$, $z = 35$, $z = 32$) с систематическими погрешностями профиля, осуществленными радиальным смещением долбяка в процессе их изготовления, а также с увеличенным боковым зазором ведущей шестерни вала II (рис. 3, б).

Наличие погрешности профиля приводит к возникновению на спектре новых частот с относительно высокими амплитудами. Так, на спектре с технически исправными шестернями

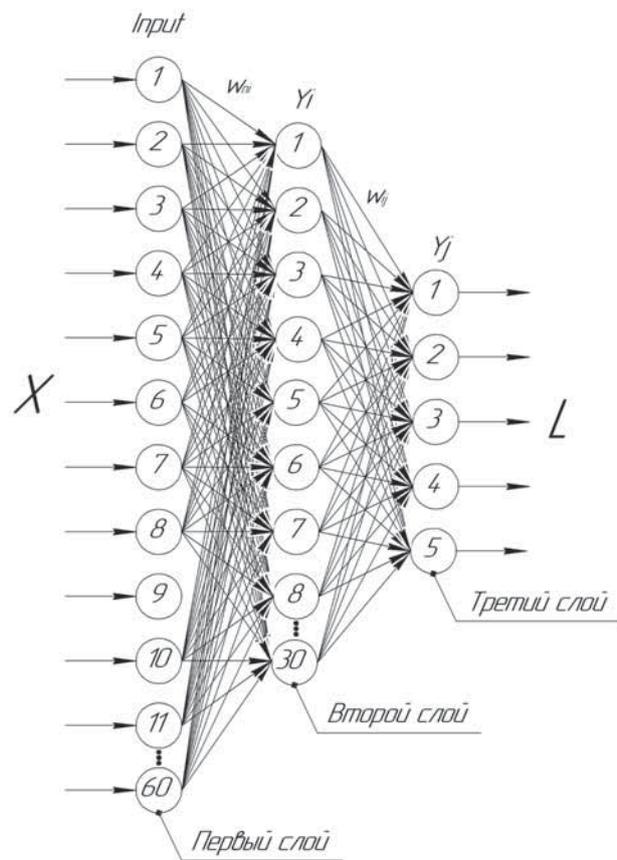


Рис. 2. Структура нейронной сети для классификации состояния зуба шестерни [13]

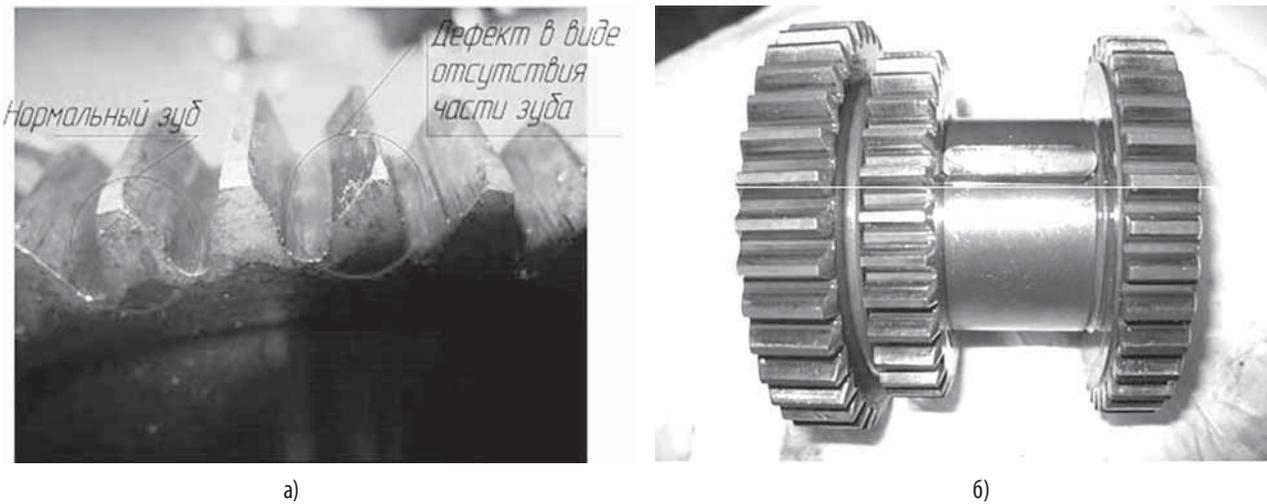


Рис. 3. Экспериментальное зубчатое колесо $z = 43$ 2-го вала привода

можно выделить частоты 635, 561 и 404 Гц (частота вращения шпинделя — 400 мин^{-1}), что соответствует частотам пересопряжения зубьев при передаче вращения с 1-го на 2-й, с 3-го на 4-й и с 5-го на 6-й валы (рис. 4). Комбинированные частоты на боковых полосах отсутствуют либо их амплитуды намного ниже отмеченных. На спектре акустического сигнала с дефектной ведомой шестерней вала II наблюдается рост порядка в 1,5 раза амплитуд частотных составляющих на частотах пересопряжения зубьев колес первой ступени (около 635 Гц) (рис. 5). Наряду с отмеченными частотами также зафиксирован рост комбинированных составляющих, отстоящих друг от друга на 14,8 Гц, что является частотой вращения вала II и указывает на месторасположение дефектного элемента. При установке на вал II ведущего и ведомого колес с погрешностями зубьев боковые полосы, отстоящие друг от друга на величину частоты вращения вала, окружают основные частоты пересопряжения зубьев как первой, так и второй ступени.

В случае отсутствия части зуба происходит нарушение закономерностей взаимодействия рабочих профилей пары, что приводит к периодическому динамическому возмущению (вследствие ударного взаимодействия входящих в зацепление зубьев) и проявляется в виде периодических всплесков

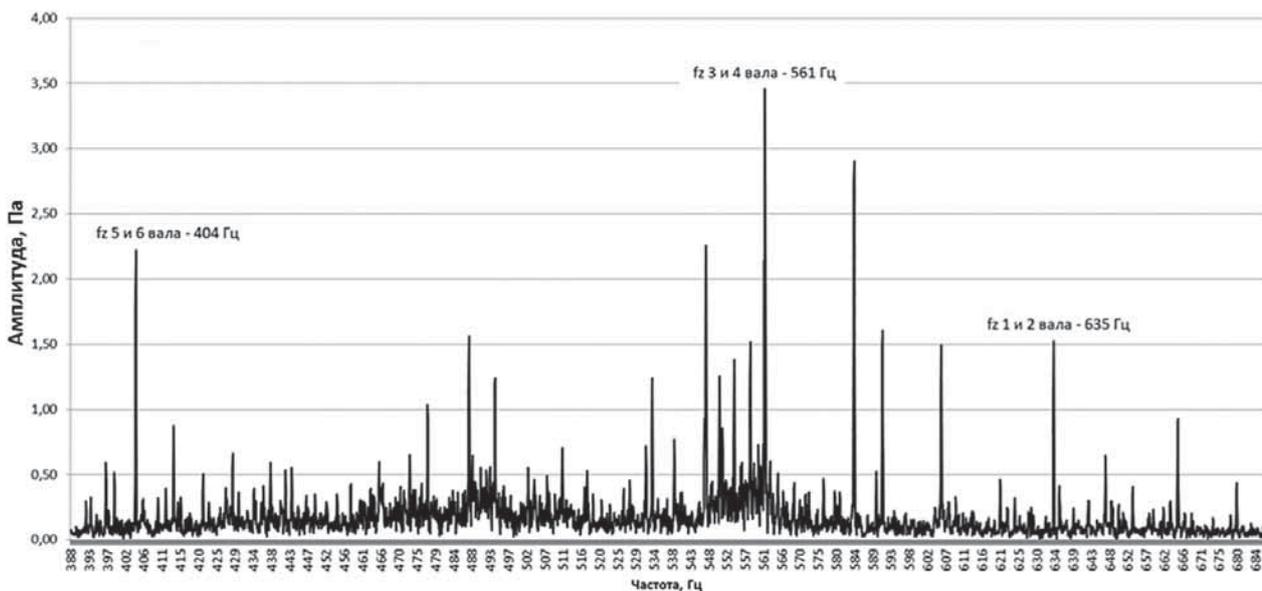


Рис. 4. Фрагмент спектра акустического сигнала в области частот $(f_z - k \cdot f_0) - (f_z + k \cdot f_0)$ шестерни $z = 38$ в исходном состоянии

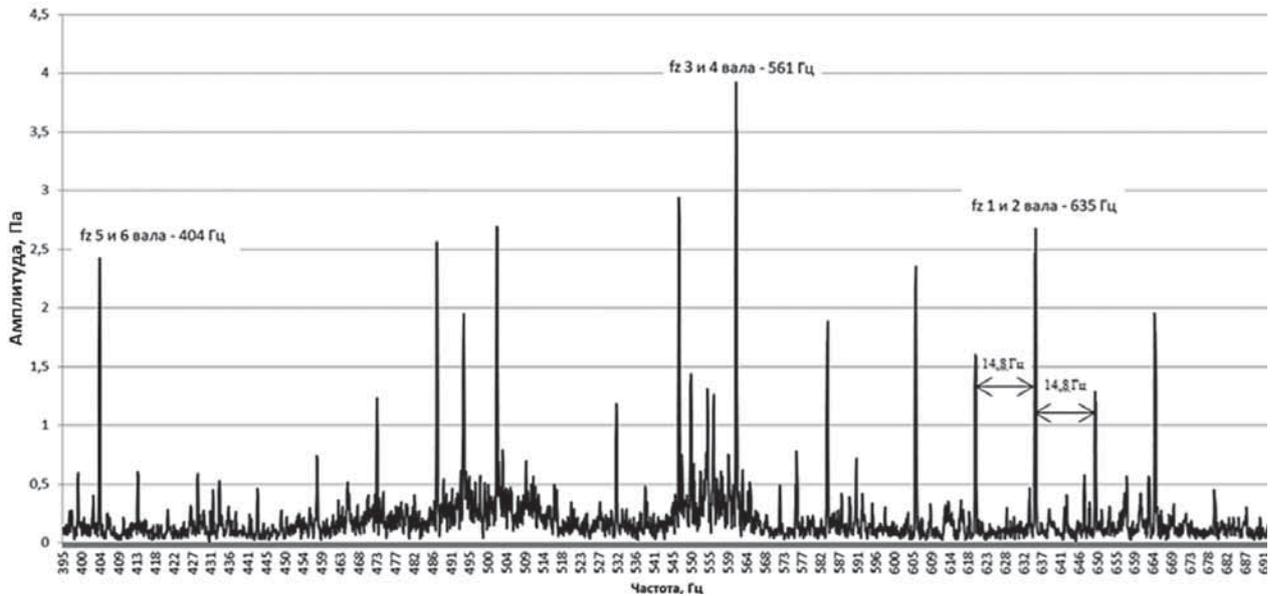


Рис. 5. Фрагмент спектра акустического сигнала в области частот $(f_z - k \cdot f_0)$ и $(f_z + k \cdot f_0)$ шестерни $z = 38$ с систематическими погрешностями зубьев в виде погрешности профиля и увеличенным боковым зазором

временной характеристики колебательного процесса с частотой вращения вала, а на спектре акустического сигнала приводит к увеличению зубцовой гармонической f_z и появлению по обе стороны от нее семейства комбинированных частотных составляющих $(f_z - k \cdot f_0)$ и $(f_z + k \cdot f_0)$. Это достаточно убедительно иллюстрирует фрагмент спектра, приведенный на рис. 6.

На основании полученных данных сформированы численные образы диагностируемых зубчатых колес ($z = 43$ с локальным повреждением зуба в виде отсутствия его части и $z = 38$ с систематическими погрешностями зубьев в виде погрешности профиля и с увеличенным боковым зазором), которые обработаны с помощью разработанной нейросетевой модели. Результаты классификации приведены на рис. 7 и 8.

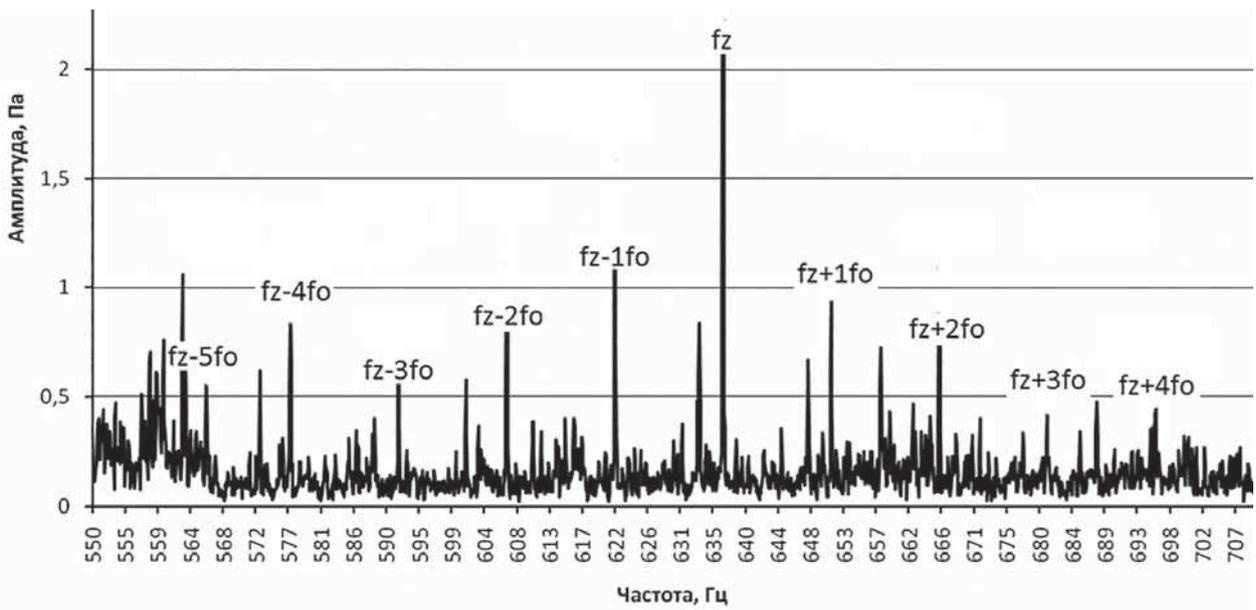


Рис. 6. Фрагмент спектра акустического сигнала в области частот $(f_z - k \cdot f_0)$ и $(f_z + k \cdot f_0)$ шестерни $z = 43$ с локальным повреждением зуба в виде отсутствия его части

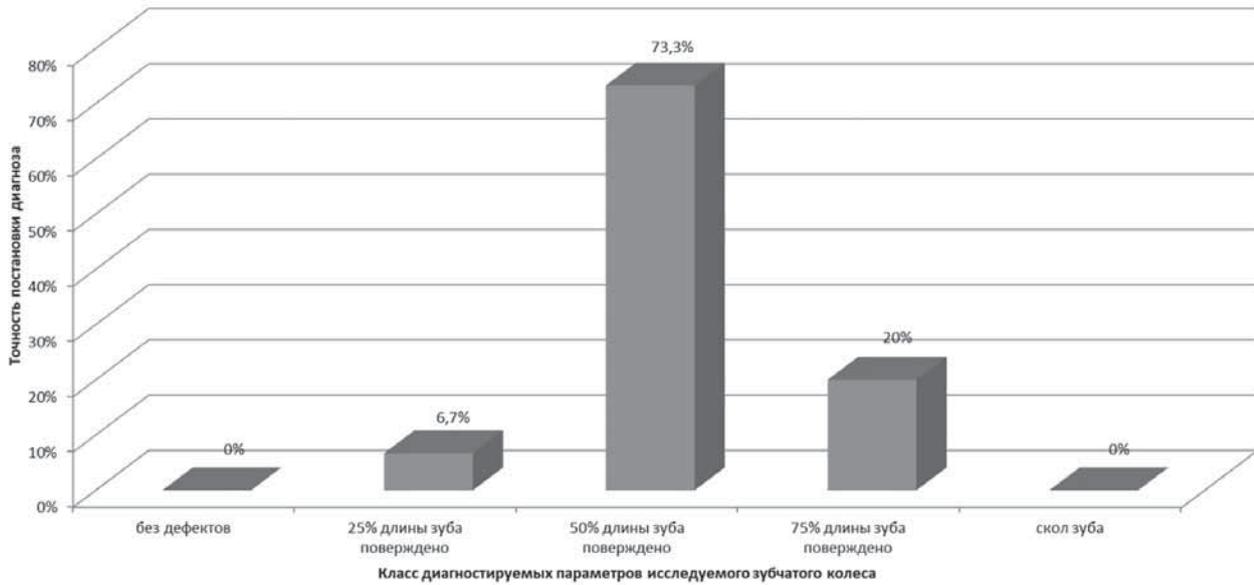


Рис. 7. Диаграммы неточностей нейросетевого классификатора шестерни z = 38

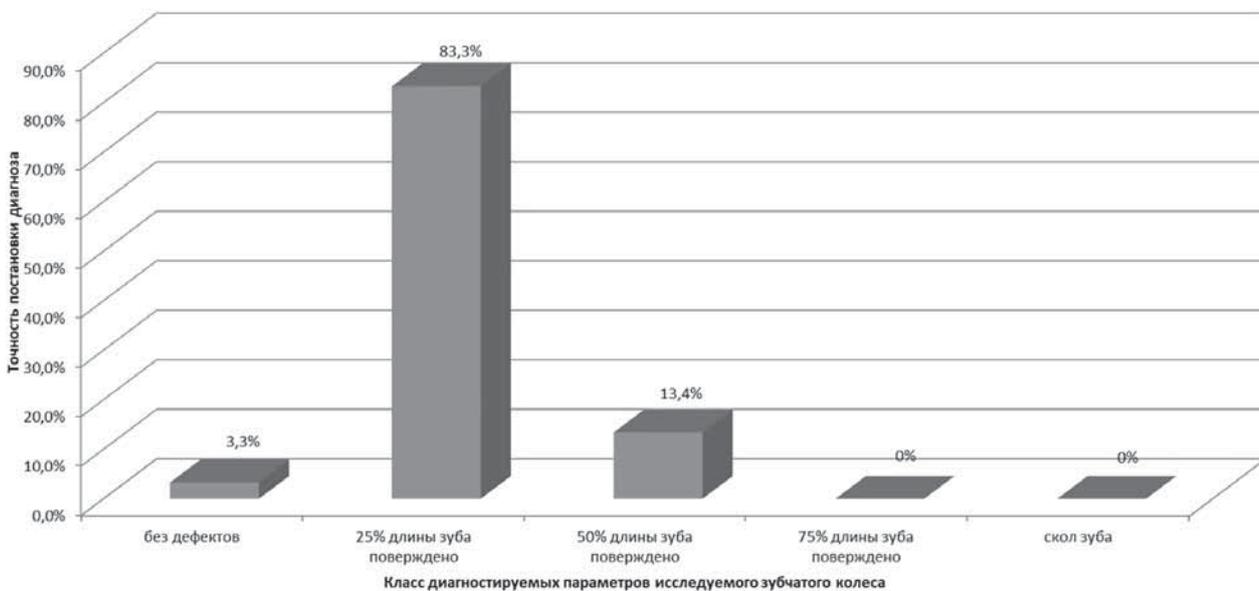


Рис. 8. Диаграммы неточностей нейросетевого классификатора шестерни z = 43

Из представленных диаграмм видно, что используемый нейросетевой классификатор идентифицирует диагностируемые зубчатые колеса в большинстве случаев в рамках двух классов состояния зуба: 50 % длины зуба повреждено (для шестерни z = 38) и 25 % длины зуба повреждено (для шестерни z = 43). Это говорит о том, что используемая нейросетевая модель, обучающая выборка которой построена на численном образе, включающем в себя зубцовую гармонику f_z и 4, кратные ей, оборотную гармонику f_0 и 4, кратные ей, а также 5 комбинированных гармоник $(m \cdot f_z) \pm (k \cdot f_0)$, эффективно диагностирует не только эксплуатационные дефекты, но и технологические погрешности изготовления зубчатых колес.

Заключение.

Результаты представленных исследований показали возможность синтеза амплитудно-частотного анализа акустического сигнала и искусственных нейронных сетей при диагностике локальных

повреждений зубьев зубчатых колес многовальных приводов. Предложенный подход позволяет перейти от трудоемкого экспертного анализа к выявлению вида повреждения зубчатого колеса на основе использования искусственного интеллекта и дает возможность:

1) сократить время диагностирования за счет уменьшения объема анализируемых данных (зубцовая гармоника f_z и 4, кратные ей; обратная гармоника f_0 и 4, кратные ей; 5 комбинированных гармоник $(m \cdot f_z) \pm (k \cdot f_0)$) без ущерба к итоговому результату;

2) повысить точность выявления зубчатых колес с локальным повреждением зубьев в составе многовального привода за счет автоматизированного получения перечня информативных частотных составляющих;

3) снизить стоимость ремонтных работ за счет уменьшения времени простоя оборудования и преждевременного изготовления дефектных зубчатых колес в составе многовального привода.

Литература:

1. Ишин, Н. Н. Вибродиагностика зубчатых передач мобильных машин в эксплуатации / Н. Н. Ишин, А. М. Гоман, А. С. Скороходов // *Неразрушающий контроль и диагностика*. — 2017. — № 2. — С. 3–17.
2. Герике, Б. Л. Вибромониторинг горных машин и оборудования / Б. Л. Герике, И. Л. Абрамов, П. Б. Герике. — Кемерово: КГТУ, 2007. — 190 с.
3. Радкевич, Я. М. Методология оценки качества и управления состоянием горных машин с использованием вибрационных характеристик / Я. М. Радкевич, М. С. Островский, П. Ф. Бойко // *Горное оборудование и электромеханика*. — 2008. — № 10. — С. 8–12.
4. Сергеев, В. Ю. Диагностические методы и средства контроля для технического аудита узлов и агрегатов карьерных самосвалов / В. Ю. Сергеев // *Горная промышленность*. — 2009. — № 6 (88). — С. 45–47.
5. Костюков, В. Н. Основы виброакустической диагностики машинного оборудования: Учеб. пособие / В. Н. Костюков, А. П. Науменко и др. — Омск: НПЦ «Динамика», 2007. — 286 с.
6. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации [Электронный ресурс] / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. — Режим доступа: <http://www.vibrotek.com/russian/articles/book/index.htm>. — Дата доступа: 15.04.2022.
7. Anil Jacob and Dr. Y. I. Sharaf-Eldeen Диагностирование зубчатой передачи с помощью нового метода контроля состояния роторного оборудования: Перевод с англ. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.vibration.ru/d_zub_peredach.shtml. — Дата доступа: 15.04.2022.
8. Драган, А. В. Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем / А. В. Драган, И. П. Стецко, Д. А. Ромашко, Н. В. Левкович // *Вестник Брестского государственного технического университета*. — 2006. — № 4. — С. 17–26.
9. *Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник*: в 7 т. / под общ. ред. В. В. Клюева — М.: Машиностроение, 2003. — 656 с.
10. Руссов, В. А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам / В. А. Руссов. — Пермь, 2012. — 252 с.
11. Ширман, А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев. — М.: Наука, 1996. — 276 с.
12. Парфиевич, А. Н. Использование нейронных сетей в виброакустической диагностике локальных повреждений зубчатых колес многовальных приводов / А. Н. Парфиевич, В. С. Александрова, Ю. Н. Саливончик // *Актуальные вопросы машиноведения*. — 2021. — № 10. — С. 154–159.
13. Kohonen, T. The self organizing map // *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*. — 1990. — Vol. 78. — P. 1464–1480.
14. Головкин, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных: Учеб. пособие / В. А. Головкин, В. В. Краснопрошин. — Минск: БГУ, 2017. — 263 с.
15. Искусственные нейронные сети и искусственные иммунные системы для обнаружения вторжений: Моногр. / М. П. Комар, В. А. Головкин, А. О. Саченок [и др.]. — Тернополь: ТНЭУ, 2018. — 192 с.

УДК 629.3.016; 629.017

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

FORMATION OF A COMPLEX OF MEASURES AIMED TO ENSURE THE OPERATIONAL RELIABILITY OF VEHICLES

И. В. Матвиенко

начальник информационно-аналитического отдела Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

I. Matvienko

Head of the Department of the State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 20.05.2022.

Приведено краткое обоснование необходимости разработки комплекса мероприятий по обеспечению эксплуатационной надежности транспорта. Приведены цели, задачи и механизмы выполнения комплекса мероприятий. Приведен комплекс мероприятий для транспортных средств МАЗ.

A brief rationale for the need to develop a set of measures to ensure transport safety is given. The purposes, tasks and methods of implementation of complex measures are given. The above set of measures for commercial vehicles MAZ.

Ключевые слова: надежность, комплекс мероприятий, конструкторские мероприятия, технологические мероприятия.

Key words: reliability, complex of measures, design measures, technological measures.

Введение.

Общепринятые методы оценки актуальных показателей параметров эксплуатационной надежности транспортных средств (ТС) основываются на традиционных методиках, позволяющих характеризовать наработку на отказ (до и между отказами), вероятность безотказной работы, долговечность, интенсивность и частоту отказов. В условиях открытой экономики Республики Беларусь, современного уровня ее конкуренции применяемые методы оценки и анализа показателей требуют совершенствования, разработки комплексной методики, учитывающей как стандартизированные показатели, так и индексы надежности, применяемые мировыми автопроизводителями.

Разработка комплекса мероприятий по обеспечению эксплуатационной надежности транспортных средств.

В процессе технической эксплуатации транспортных средств, естественного физического изнашивания его деталей, узлов и агрегатов происходит снижение значений показателей средней их наработки на отказ (между отказами, до отказа). Вследствие этого снижаются значения комплексных показателей эксплуатационной надежности транспортного средства в целом. Это, в свою очередь, негативно отразится на уровне затрат (финансовых, материальных и трудовых) по обеспечению его работоспособности и исправности, а соответственно — на эффективности эксплуатации. Кроме того, снижение общего уровня эксплуатационной надежности транспортного средства непосредственно влияет на рациональный срок его эксплуатации.

При общем «старении» парка подвижного состава автотранспортного предприятия с увеличением пробега происходит снижение эффективности его эксплуатации. С повышением наработки с начала эксплуатации увеличивается продолжительность простоев в техническом обслуживании и ремонте, понижаются значения коэффициентов технической готовности и технического использования.

Для поддержания в исправном состоянии транспорта и обеспечения его работоспособности требуется большее количество запасных частей и деталей вследствие аварийных отказов (неисправностей). Следствием этого является повышение уровня затрат (как финансовых, так и материальных, трудовых) на эксплуатацию парка подвижного состава.

Эффективность реализации мероприятий по обеспечению требуемого уровня эксплуатационной надежности транспортных средств определяется полнотой сведений о реальных условиях их использования, воздействующих нагрузках при их работе, причинах и характере появления неисправностей и отказов, а также о значениях параметров показателей безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Наличие подобной информации является определяющим условием в процессе управления эксплуатационной надежностью и принятия решений на всех стадиях жизненного цикла автомобиля, а также является базисом для выработки комплекса мероприятий по совершенствованию конструкции транспортных средств, технологических процессов их изготовления и регламентирования требований к системе технической эксплуатации [1, 2, 3, 4, 5].

Источником сведений о параметрах показателей надежности транспортных средств являются вычисления при их проектировании, различные виды испытаний (*комплексные, стендовые, полигонные и эксплуатационные*), статистическая информация об отказах (неисправностях) как в целом ТС, так и отдельных его узлов и агрегатов, причинах и характере их возникновения, наработка на отказ (до отказа, между отказами) и ряд иных показателей эксплуатационной надежности [6, 7, 8].

Комплекс мероприятий по испытанию на надежность транспортного средства является важным структурным элементом в процессе конструирования, разработки и постановки на производство. Эффективную конкурентоспособность транспортного средства невозможно обеспечить без осуществления многосторонних испытаний как самого автомобиля в целом, так и его отдельных деталей, узлов и агрегатов. Результаты проводимых испытаний обеспечивают фактической информацией о характеристиках, свойствах и качестве транспортного средства на всех этапах его жизненного цикла. Именно фактическая информация о реальных показателях параметров эксплуатационной надежности, характере и причинах возникновения отказов и неисправностей является основой для разработки комплекса мероприятий по повышению эксплуатационных качеств автомобиля [9, 10].

Широко применяемой формой организации исследований надежности являются испытания в форме подконтрольной эксплуатации транспортных средств в реальных условиях их использования. Наблюдения за эксплуатацией подконтрольной группы транспорта организуются на специально определенных экспериментально-производственных автотранспортных предприятиях, являющихся опорными. При подконтрольной эксплуатации применяется системная методика сбора, описания и анализа сведений об эксплуатационной надежности, что обеспечивает в необходимой степени точность оценки значений показателей параметров эксплуатационной надежности [11, 12].

В процессе эксплуатации любого транспортного средства реализуется комплекс мероприятий по обеспечению его надежности в реальных условиях использования, предусматривающий:

- координацию действий по соблюдению регламента эксплуатации транспорта (*условия и правила эксплуатации, использование по функциональному назначению, условия хранения и транспортировки, требования по техническому обслуживанию и ремонту*), установленного предприятием-изготовителем; в особенной степени соблюдение регламента контролируется в гарантийный период эксплуатации (период обкатки);
- анализ и оценку применяемой системы технического обслуживания и ремонта транспортных средств, выработку рекомендаций по ее совершенствованию;
- сбор, систематизацию, анализ и обработку сведений о фактических значениях показателей эксплуатационной надежности транспортных средств, анализ причин отказов (*неисправностей, повреждений*) и достижения предельного состояния узлов, деталей и агрегатов; на основе анализа — выработку и реализацию мероприятий по их устранению либо минимизации;
- разработку и реализацию программ обучения инженерно-технических работников, обслуживающего персонала и водителей прогрессивным методам и формам эксплуатации транспорта.

Эксплуатационные испытания надежности транспортных средств и его составных частей организуются в целях определения и контроля значений показателей надежности (*безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости*) в реальных условиях их использования [13].

Согласно результатам анализа данных об отказах (неисправностях) и причин, приведших к их появлению в период проведения исследований, определено, что часть отказов является характерной для подконтрольной группы автомобилей и имеет постоянный характер возникновения. Преобладающими являются группы эксплуатационных и конструкционно-производственных отказов неисправностей [15]. Устранение этих отказов составляет большую часть трудоемкости в общем объеме ремонтных работ [16, 17].

На основании оценки результатов исследований эксплуатационной надежности наблюдаемых грузовых автомобилей МАЗ, комплексной информации о надежности и эксплуатационных показателях (*конструкционные характеристики, технологические, ремонтные и технические параметры и т. д.*), эксплуатируемых на опорных предприятиях, разработан комплекс мероприятий по повышению уровня их эксплуатационной надежности [18, 19].

Комплекс мероприятий является открытым, актуализируется с учетом результатов его реализации и содержит основные сформированные направления [20]:

- организационные мероприятия;
- технические мероприятия;
- конструкторские мероприятия;
- мероприятия по менеджменту качества поставщиков комплектующих изделий, агрегатов и деталей.

Комплекс организационных мероприятий. Проведение организационных мероприятий предусматривает реализацию следующих основных механизмов:

- разработку и выполнение комплексного плана гарантированного сопровождения и поддержки требуемого технического уровня производимой продукции, обеспечения ее качества и конкурентоспособности;
- разработку и выполнение программы долгосрочного периода планирования, ориентированной на повышение уровня качества продукции, производимой ОАО «МАЗ»;
- обеспечение участия инженерно-технических работников технологических и конструкторских подразделений ОАО «МАЗ» в приемке производимой техники в целях контроля требуемого уровня качества автотехники, отгружаемой на экспорт;
- организацию структурного подразделения ОАО «МАЗ», осуществляющего инспекционный, поверочный контроль технологического и эксплуатационного качества автотехники в целях планирования вспомогательных корректирующих мероприятий по повышению уровня качества производимой продукции;
- разработку и внедрение актуализированной в соответствии с требованиями конечного потребителя процедуры рассмотрения и анализа рекламаций, а также исполнения гарантийных обязательств (реализация мероприятия направлена на сокращение периода рассмотрения претензионных заявлений по качеству автотехники, оперативное снабжение запасными частями по гарантийным обязательствам, безотлагательное принятие мер по дальнейшему исключению возможности появления дефектов);
- расширение норм и формата обязательств ОАО «МАЗ» в период гарантийного срока эксплуатации автотехники, в первую очередь на рынках сбыта, имеющих наибольшую долю в общем объеме реализации производимой продукции;
- разработку и введение в действие актуализированных локальных нормативных актов системы менеджмента качества в целях обеспечения соблюдения требований государственного стандарта СТБ 16949-2018 «Системы менеджмента качества; особые требования по применению СТБ ISO 9001-2015 для организаций, участвующих в цепях поставок автотракторного, сельскохозяйственно-погрузочно-транспортного, карьерного и специального машиностроения».

Комплекс технических мероприятий. Реализация механизмов технических мероприятий предусматривает организацию и выполнение следующих основных действий:

- монтаж технологического оборудования и ввод в постоянную эксплуатацию линии катодного грунтования и антикоррозионной обработки кабин, лонжеронов рам продукции ОАО «МАЗ». Ввод в эксплуатацию нового оборудования обеспечит реализацию максимально возможной

автоматизации и механизации выполнения операционных процессов всех технологических этапов производства каркаса кабин. Катафорезное грунтование поверхностей кабины обеспечит повышение защитных свойств покрытия ее элементов, а также повышение в целом стойкости кабин к коррозии до 10 лет.

Мероприятия, направленные на обеспечение требуемого уровня качества окраски, также предусматривают применение в технологическом процессе низкотемпературных двухкомпонентных лакокрасочных материалов:

- монтаж технологического оборудования и ввод в постоянную эксплуатацию окрасочной линии деталей рестайлинга кабины, изготовленных из пластмассового материала, методом пневматического распыления жидких лакокрасочных материалов;

- монтаж и ввод в постоянную эксплуатацию роботизированной установки для зафланцовки панелей двери методом обкатки кабин семейства МАЗ-6430, МАЗ-64221, МАЗ-6431; установка обеспечивает требуемый уровень качества фланцев и внешнего вида обрабатываемых деталей за счет быстрой настройки усилия фланцовки и стыковки обрабатываемых деталей;

- разработка и внедрение в производство технологических операций применения оцинкованного листового проката при изготовлении деталей передка и частей деталей каркаса кабин семейства МАЗ-6422 в целях обеспечения требуемого уровня коррозионной стойкости кабин;

- внедрение в производственный процесс передовой технологии окраски грузовых платформ, имеющих сопрягаемые плоскости и нахлесточные сочленения элементов; внедряемая технология также предусматривает подготовку окрашиваемых поверхностей катафорезным грунтованием всех поверхностей грузовой платформы и предварительную герметизацию нахлесточных сочленений;

- внедрение операционного этапа герметизации прерывистых сварных швов плоскостей оснований грузовых платформ в технологический процесс их производства;

- модернизация технологического процесса производства грузовых платформ, предусматривающая операционный технологический элемент грунтования поверхностей бортов и оснований платформ с предварительной поддетальной дробеструйной очисткой всех конструктивных элементов; процесс также предусматривает применение технологии покрытия скрытых полостей бортовых стоек грузовых платформ защитным антикоррозионным составом с дальнейшим монтажом заглушек полостей;

- внедрение операционного этапа герметизации прерывистого (*точечного с цепным либо шахматным расположением*) сварного шва в технологический процесс производства грузовых платформ; процесс также предполагает применение сплошного сварочного шва как альтернативу герметизации прерывистого;

- разработка и внедрение технологического процесса производства надрамников грузовой платформы автомобилей-самосвалов с операционным этапом герметизации нахлесточных сочленений элементов конструкции и прерывистого (*точечного с цепным либо шахматным расположением*) сварного шва (*либо сплошного шва*);

- разработка и внедрение в технологический процесс окрашивания конструктивных элементов и деталей шасси (*опоры, кронштейны и т. д.*) операционных этапов применения порошковых лакокрасочных материалов взамен жидких лакокрасочных материалов; технологический процесс окрашивания должен предусматривать подготовительные операционные этапы дробеструйной очистки поверхностей шасси (*рам*) от окалины и коррозии, этап катафорезного грунтования с дальнейшим покрытием порошковыми лакокрасочными материалами (*вилка буксирная, вилка с пружиной*); внедрение указанных операционных элементов обеспечит гарантированную целостность покрытий, в том числе антикоррозионные свойства деталей шасси и рам, до 10 лет.

Внедрение усовершенствованного технологического процесса окрашивания совместно с внедрением в промышленную эксплуатацию модернизированных технологических линий формовки и пробивки отверстий в продольных и поперечных лонжеронах автомобильных рам обеспечивает повышение антикоррозионных качеств и показателей долговечности рам автомобильных ТС (АТС).

В целях повышения уровня качества механической обработки производимой продукции ОАО «МАЗ» реализует следующие мероприятия:

– разработку и внедрение операционных этапов по совершенствованию конструкции картера шестерен редуктора среднего моста в технологический процесс его производства (усовершенствованная конструкция обеспечит повышение качества и условий смазки и, соответственно, режима работы подшипников межмостового дифференциала);

– модернизацию парка станочного оборудования за счет приобретения и ввода в постоянную эксплуатацию токарных станков в целях внедрения операционных этапов «твердого» точения в технологические процессы производства кулаков поворотных осей, картеров ведущих мостов с улучшенными показателями качества их изготовления, в сравнении с операционным этапам точного шлифования;

– модернизацию парка станочного оборудования за счет приобретения и ввода в постоянную эксплуатацию обрабатывающих центров с числовым программным обеспечением (*станок сверлильно-фрезерно-расточной повышенной точности*) в целях обеспечения повышения технологического и эксплуатационного качества производства картеров мостов;

– модернизацию парка станочного оборудования за счет приобретения и ввода в постоянную эксплуатацию зубообрабатывающего технологического оборудования (*зубошлифовального, зуборезного*) с числовым программным обеспечением, удовлетворяющего повышенным требованиям в части производительности, точности и эффективности обработки;

– проектирование и ввод в постоянную эксплуатацию комплекса лазерного раскроя листового металла, предназначенного для резки листового проката всех марок сталей, титановых, медных и алюминиевых сплавов, позволяющего производить раскрой углеродистых и нержавеющей видов металла, а также производить раскрой сплавов цветных металлов различной толщины (ввод в постоянную эксплуатацию комплекса обеспечивает реализацию повышенных требований по точности поверхности реза, отсутствие технологической необходимости дополнительной обработки поверхностей реза, отсутствие деформационных изменений материала изделий и механического контактного воздействия на обрабатываемой материал);

– применение новых смазочных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками при осуществлении дорнирования сошек рулевых механизмов, что обеспечит уменьшение количества претензионных заявлений по их качеству.

Комплекс конструкторских мероприятий. Реализация механизмов конструкторских мероприятий предусматривает организацию и выполнение следующих основных действий:

– разработку и утверждение конструкторской документации по изготовлению, сборке и монтажу защитных кожухов головных блок-фар, устанавливаемых в бампер передний (установка защитных кожухов обеспечивает максимальное сохранение эксплуатационных характеристик блок-фар, выполнение ими функциональных назначений, повышение уровня защищенности от атмосферных осадков и внешних загрязнений (*влаги, пыли*) и, как следствие, повышение уровня эксплуатационной надежности и долговечности в целом системы электрооборудования транспортного средства);

– разработку и утверждение конструкторской документации по модернизации конструкции щитка передка 6430-5301083 кабины (изготовление и монтаж модернизированной конструкции обеспечивает повышение уровня герметичности кабины автомобилей седельных тягачей);

– разработку и утверждение изменений типа и размеров проточки резьбовых элементов конструкции выходных и входных валов средних мостов (внедрение в производство конструкторских изменений об изменении обеспечивает повышение значений параметров эксплуатационной надежности средних мостов автомобилей седельных тягачей);

– внесение изменений в конструкцию щек запорного механизма кабины 6430-5001562/563 в части мест расположения крепежных отверстий (реализация изменений обеспечивает повышение показателей эксплуатационной надежности запорного устройства кабины);

– внесение изменений в конструкцию рычага 6430-6104025-010 стеклоподъемника двери кабины обеспечивает повышение работоспособности и показателей безотказности электростеклоподъемника;

– внесение изменений в конструкцию насосов гидравлического усилителя рулевого управления и рулевых механизмов в части применения уплотнительных элементов (*манжеты, втулки, сальники*) в целях снижения вероятности возникновения подтекания рабочих жидкостей;

– разработку и внесение в технологическую схему системы отопления кабины дополнительного элемента — фильтра магнитного в целях обеспечения требуемого уровня качества («чистоты») рабочей жидкости и требуемого уровня эксплуатационной надежности клапана электромагнитного системы отопления (*уменьшение количества отказов клапана, связанных с его засорением*);

– разработку и утверждение изменений конструкции втулки оси поворота платформы автомобилей-самосвалов МАЗ-5516 с закрытием ее торца в целях уменьшения вероятности попадания загрязнений; конструкция втулки оси также предусматривает наличие технологических канавок, обеспечивающих соблюдение требуемых условий смазки на межсервисных интервалах технического обслуживания;

– использование грузовой платформы 650136-8500020 с усиленными ребрами жесткости (*усиленные уголки, увеличенная площадка под опоры поворота платформы*) при производстве автомобилей-самосвалов МАЗ-5516 обеспечит уменьшение вероятности появления усталостных трещин нижних ребер платформы;

– применение на МАЗ-544019 конструкции верхнего кронштейна крепления амортизатора передней подвески на четырех фиксирующих болтах обеспечивает требуемую механическую и конструкционную прочность по сравнению с креплением на три болта в МАЗ-544069, имеющем отказы (*неисправности*), связанные с прочностью;

– разработку и утверждение изменений конструкции пневматических тормозных камер производства ОАО «МАЗ», предусматривающих установку наружного сапунирования камер посредством резиновых патрубков и трубок, с исключением из конструкции сапуна (*аналогичная конструкция сапунирования реализована в тормозных камерах производства г. Рославля, Российская Федерация*);

– разработку и внесение изменений в конструкторскую документацию автоматических регулировочных тормозных механизмов, предусматривающих только эвольвентное шлицевое соединение (*прямое шлицевое соединение применяется лишь для производства запасных частей*);

– обеспечение применения крепежных болтов с классом прочности не ниже 10.9 (применение в производстве АТС крепежных болтов с указанным классом прочности обеспечивает увеличение периодичности выполнения технологических операций по контролю и подтяжке резьбовых соединений в процессе эксплуатации АТС);

– разработку и внесение изменений в конструкцию подвески автомобилей-самосвалов, предусматривающих установку четырехлистовой рессорной подвески вместо трехлистовой.

Комплекс мероприятий обеспечения менеджмента качества. Реализация механизмов мероприятий по менеджменту качества поставщиков комплектующих изделий, агрегатов и деталей предусматривает организацию и выполнение следующих основных действий на системном уровне планирования [21]:

– оптимизацию (*перепроектирование*) организационной структуры системы управления менеджментом качества с учетом реализации требований государственного стандарта Республики Беларусь СТБ 16949-2018 «Системы менеджмента качества; особые требования по применению СТБ ISO 9001-2015 для организаций, участвующих в цепях поставок автотракторного, сельскохозяйственного, погрузочно-транспортного, карьерного и специального машиностроения»;

– организацию на системной основе анализа основных сбытовых рынков производимой продукции по ключевым направлениям в части изучения требований, предъявляемых потребителями к автотехнике, ожидаемых эксплуатационных показателей продукции, а также реализацию маркетинговых мероприятий, направленных на управление формируемых требований и ожиданий (реализация процесса предусматривает внедрение на всех этапах жизненного цикла продукции технологических процессов проектирования, имеющих своей задачей разработку и создание предпроектного образца продукции, демонстрирующего принципиальные конструкторские, технические и иные решения для первоначального анализа удовлетворения требований потенциальных потребителей);

– организацию и внедрение в производство системы перспективного планирования качества продукции (APQP), реализующей комплекс мероприятий, направленных на обеспечение требуемого уровня качества производимой продукции, удовлетворяющей запросам потенциальных потребителей; система также предусматривает формализование требований (*в том числе оцифровку*

показателей) к поставщикам комплектующих изделий; система формируется с учетом планов управления производством: а) по анализу режимов и последствий отказов (*FMEA*); б) статистическому контролю процессов (*SPC*); в) анализу систем измерения (*MSA*); г) процессу утверждения производственной части (*PPAP*) (*процедура оценки соответствия поставщиков комплектующих изделий предъявляемым требованиям*);

– разработку и внедрение системы оценки уровня удовлетворенности штатного персонала ОАО «МАЗ»;

– разработку и внедрение системы «операционных постов качества», обеспечивающей реализацию требуемого уровня качества производимой продукции на всех этапах технологических переделов;

– обеспечение функционирования на системной основе аудита организаций — поставщиков комплектующих изделий на предмет соответствия требованиям, регламентируемых ОАО «МАЗ», в том числе в отношении обеспечения реализации системных (*корпоративных*) подходов к контролю качества поставляемой продукции;

– разработку и внедрение поставщиками комплектующих изделий:

а) порядка одобрения ОАО «МАЗ» планируемых изменений в продукции (поставляемых комплектующих) или в технологическом процессе их производства;

б) системы сбора, обработки и последующего анализа массивов данных, получаемой из опыта эксплуатации продукции, в целях ее использования в процессе разработки и производства новой аналогичной продукции; анализируемая информация должна предусматривать в том числе отзыв о продукции, ее аудит, производимые ремонты, внутренние и внешние претензии, возврате продукции в гарантийный период, несоответствиях и переделках;

в) системы сбора, хранения и обработки документированной информации в период производства продукции и ее сервисного обслуживания (*гарантийного и постгарантийного*) о записях контроля продукции и действий по реагированию на отклонения от регламентированных требований, одобрении производства продукции (*PPAP*), записях по инструментальной оснастке, записях по проектированию продукции и процесса ее производства;

г) системы поверки/калибровки средств измерений и контроля через регламентированный временной интервал либо по эталонам, имеющим прослеживаемость до международных или национальных эталонов.

Комплекс технологических мероприятий. На основе анализа результатов расчета параметров потока отказов и повреждений, вероятности безотказной работы до первого отказа и между отказами, определения перечня деталей с наибольшим суммарным числом отказов (*лимитирующих деталей*), причин возникновения отказов и повреждений, распределения количества отказов по системам и агрегатам и их доли в общем количестве отказов по интервалам пробегов, разработаны рекомендации по корректировке периодичности как выполнения отдельных технологических операций при техническом обслуживании, так и периодичности проведения комплекса операций технического обслуживания, а также рекомендации по технологическим требованиям их выполнения. Указанные рекомендации применены при актуализации комплектов документаций по техническому обслуживанию и замене агрегатов, узлов и деталей (*демонтаж — монтаж*) на семействе моделей автомобилей МАЗ подконтрольной группы наблюдения. Периодичность проведения технического обслуживания при этом скорректирована как в сторону ее сокращения, так и в сторону увеличения (см. таблицу).

Заключение.

Техническое состояние АТС определяется комплексом изменяющихся эксплуатационных свойств в процессе его использования.

Одним из инструментов обеспечения эксплуатационной конкурентоспособности транспортных средств на рынке грузоперевозок является разработка и реализация комплекса мероприятий, направленных на повышение эксплуатационной надежности. С этой целью на системной основе проводится работа по модернизации технологического производства, актуализации требований по условиям эксплуатации транспорта, ряд иных организационных и технических мероприятий.

Периодичность проведения комплекса операций технического обслуживания по подконтрольным автомобилям МАЗ с учетом результатов исследований

Модель АТС	Периодичность проведения ТО (ТО-1/ТО-2), тыс. км	
	до корректировки	после корректировки
Автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 20 т		
МАЗ-551605	5,0/20,0	8,0/24,0
МАЗ-5516А5	5,0/20,0	8,0/24,0
МАЗ-6501А5	15,0/30,0	15,0/30,0
Автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 10 т		
МАЗ-555142	5,0/20,0	8,0/24,0
МАЗ-5551А2	5,0/20,0	8,0/24,0
Автомобили седельные тягачи		
МАЗ-544069	22,5/45,0	15,0/30,0
МАЗ-544019	22,5/45,0	15,0/30,0
МАЗ-642208	5,0/20,0	8,0/24,0
Полуприцеп		
МАЗ-975830	22,5/45,0	15,0/30,0

Примечание. Периодичность ТО полуприцепа соответствует периодичности ТО седельного тягача, с которым он эксплуатируется в составе автопоезда.

Источник: собственная разработка.

Транспортный комплекс является одним из основных элементов социально-экономической инфраструктуры нашей страны. Динамичное развитие транспортного комплекса обеспечивает постоянность мировой торговли товарами и услугами.

От того, насколько транспорт будет эффективно эксплуатироваться, зависят и затраты на транспортировку и хранение грузов, что в итоге оказывает влияние и на конечную стоимость любой продукции.

Разработанный комплекс мероприятий по обеспечению эксплуатационной надежности транспортных средств МАЗ позволит обеспечить эффективную работу транспортного комплекса Республики Беларусь.

Литература:

1. Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое обслуживание и ремонт техники. Основные положения: ГОСТ 15.601-98. Введ. РБ 01.07.1999. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 1999. — 8 с.
2. Кузнецов, Е. С. Обеспечение надежности автомобилей МАЗ в эксплуатации / Е. С. Кузнецов. — М.: Транспорт, 1997. — 183 с.
3. Кузнецов, Е. С. Повышение эксплуатационной надежности автомобилей / Е. С. Кузнецов. — М.: Транспорт, 1989. — Вып. 2. — 175 с.
4. Кузнецов, Е. С. Техническое обслуживание и надежность автомобилей / Е. С. Кузнецов. — М.: Транспорт, 1994. — 223 с.
5. Надежность в технике. Обеспечение надежности изделий. Общие положения: Р 50-109-89: утв. постановлением Государственного комитета СССР по стандартам 13.02.1989 № 214: введ. 01.06.1989. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 1989. — 15 с.
6. Автомобили грузовые. Методы контрольных испытаний: ГОСТ 6875-54. — Введ. 01.05.1954. — М., 1954. — 22 с.
7. Лучинский, В. С. Долговечность деталей шасси автомобиля / В. С. Лучинский, Ю. Г. Котиков, Е. И. Зайцев. — Л.: Машиностроение, 1984. — 231 с.

8. Ждановский, Н. С. Надежность и долговечность автотракторных двигателей. / Н. С. Ждановский, А. В. Николаенко. — Л.: Колос, 1974. — 240 с.
9. Базовский, И. Н. Надежность. Теория и практика / И. Н. Базовский. — М.: Мир, 1965. — 210 с.
10. Мороз, С. М. Методология исследований в технической эксплуатации автомобилей: учебник для вузов / С. М. Мороз. — М.: Издательство «Юрайт», 2021 — 186 с.
11. Тойберг, П. Оценка точности результатов измерений / П. Тойберг; пер. с нем. — М.: Энергоатомиздат, 1998. — 88 с.
12. Третьяк, Л. Н. Обработка результатов наблюдений / Л. Н. Третьяк. — Оренбург, 2004. — 171 с.
13. Программа-методика испытаний на долговечность: ОСТ 37.001.014-70. — Введ. 01.04.1971. — М., 1971. — 11 с.
14. Клепик, Н. К. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Н. К. Клепик, В. А. Гудков, В. Н. Тарновский. — Волгоград, 1996. — 104 с.
15. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения: ГОСТ 27.310-95. — Введ. РБ 01.01.1997. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 1996. — 16 с.
16. Основы ремонта автомобилей. Теория и практика: учебное пособие / А. М. Кадырметов и др. — Москва — Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 372 с.
17. Иванов, В. П. Ремонт автомобилей: Учеб. пособие / В. П. Иванов, В. К. Ярошевич, А. С. Савич. — Минск: Выш. шк., 2009. — 383 с.
18. Мороз, С. М. Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств: Учебник / С. М. Мороз. — М.: МАДИ, 2015. — 204 с.
19. Родионов, Ю. В. Выбор рационального парка грузовых автомобилей: монография / Ю. В. Родионов, М. Ю. Обшивалкин. — Пенза: ПГУАС, 2014. — 176 с.
20. Агеев, Е. В. Проблемы и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей: Монография / А. Л. Севостьянов, Ю. В. Родионов. — Пенза: ПГУАС, 2014. — 200 с.
21. Кусакин, Н. А. Менеджмент качества автотракторного ремонтного предприятия / Н. А. Кусакин, В. С. Точило, М. Л. Хейфец; под общ. ред. М. Л. Хейфеца. — Новополоцк: ПГУ, 2009. — 180 с.

УДК 656.96

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТ МОБИЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ «ЗЕЛЕННОЙ» ЭКОНОМИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

STUDY OF HARMFUL EMISSIONS FROM MOBILE SOURCES AND THEIR IMPACT ON THE DEVELOPMENT OF THE “GREEN” ECONOMY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Р. Б. Ивуть,

заведующий кафедрой «Экономика и логистика» Белорусского национального технического университета, член-корреспондент НАН Беларуси, д-р экон. наук, профессор, г. Минск, Республика Беларусь

Д. Н. Месник,

доцент кафедры «Экономика и логистика» Белорусского национального технического университета, канд. экон. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

R. Ivut,

Head of the Department of Economics and Logistics of the Belarusian National Technical University, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Economics, Professor, Minsk, Republic of Belarus

D. Mesnik,

Associate Professor of the Department of Economics and Logistics of the Belarusian National Technical University, PhD in Economics, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 19.04.2022.

Внедрение международных стандартов норм и требований экологической безопасности автотранспортных средств позволяет автотранспортным перевозчикам планомерно реализовать концепцию устойчивого развития экологически чистых технологий, предпринять меры постепенного выведения из эксплуатации тех автомобилей, двигатели которых серьезно увеличивают нагрузку по выбросам веществ с отработавшими газами. Предложенный механизм поддержки снижения нагрузки на атмосферу окружающей среды от мобильных источников сохраняет приоритет в стремлении к устойчивому развитию экономики Республики Беларусь.

The introduction of international standards norms and requirements for the environmental safety of motor vehicles allow road carriers to systematically implement the concept of sustainable development of environmentally friendly technologies, take measures to gradually decommission those vehicles whose engines seriously increase the load on emissions of substances with exhaust gases. The proposed mechanism to support the reduction of the load on the environment from mobile sources remains a priority in the pursuit of sustainable development of the economy of the Republic of Belarus.

Ключевые слова: зеленая экономика, услуга, экология, мобильные источники, транспорт.

Key words: green economy, service, ecologist, mobile sources, transport.

Введение.

В последние годы происходит глобальное загрязнение окружающей среды и истощение мировых природных ресурсов. Данные факторы нарушают устойчивое развитие экономик большинства стран мира. Принятые Генеральной ассамблеей ООН направления в области устойчивого развития на период до 2030 г., содержат цели и задачи по сбалансированности устойчивого развития трех компонентов, включая экономический, социальный и экологический. Данные цели и задачи по гармоничному сочетанию этих компонентов, обеспечивающих экономический рост, социальную стабильность и экологическое равновесие можно достичь, используя элементы «зеленой» экономики. Последняя находит широкое распространение в мировом масштабе. Глобальная устойчивость развития может быть достигнута за счет сокращения негативного воздействия выбросов парниковых (углеродных) газов, предотвращая таким образом потерю экосистемных функций природы. Значительные резервы сокращения выбросов вредных веществ лежат в области использования мобильных средств, в частности автотранспорта. Трансформация экономики отдельно взятой страны не проходит без внедрения инновационных технологий, обеспечивающих ее экологическую безопасность. В Республике Беларусь последовательные меры по реализации принципов «зеленой» экономики интегрированы в программы Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития на период до 2030 г. и на 2021–2025 гг. Реализация запланированных целей позволит снизить уровень энергоемкости валовой добавленной стоимости (ВДС) страны и автотранспорта не менее чем на 7 %, что позволит сформировать конкурентоспособный транспортный комплекс и инфраструктуру. Использование современного парка автотранспортных средств, отвечающего экологическим стандартам Евро-6, позволит получить республике больше разрешений на осуществление международных перевозок и тем самым увеличить поступления валютных средств в бюджет страны. Состояние и структура развития рынка транспортных услуг могут ускорять или, напротив, замедлять процессы внедрения экологически безопасных инновационных технологий в этой области.

Вышесказанное подтверждает актуальность проведенного исследования, которое направлено на соблюдение Беларусью обязательств по реализации положений Парижского климатического соглашения.

Исследования показывают, что в Республике Беларусь доля мобильных источников в валовом объеме выбросов загрязняющих веществ составляет около 72 %, что более чем в 3,5 раза превышает среднемировой показатель, составляющий около 20 % [1]. Следует отметить, что нагрузка на окружающую среду от мобильных источников превосходит стационарные источники [2]. Причины создавшегося положения исследовались некоторыми белорусскими учеными. Так, Р. Б. Ивуть отмечал влияние использования автотранспорта на инфраструктуру и экологию [3]. В 2020 г. превышение выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников в 1,82 раза превысило стационарные. Однако в целом на протяжении последних пяти лет отмечено снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, причем темп снижения от стационарных источников превысил 93,75 % по отношению

к 2015 г., а от мобильных — около 97 %. Если сравнивать темпы снижения выбросов от стационарных и мобильных источников в расчете на душу населения, то первый показатель составил 93,64 % к 2015 г., а второй — примерно 97 %. Таким образом, от мобильных источников нагрузка вредных атмосферных веществ на человека сохраняется более высокой.

Повышение эффективности использования экологически чистых технологий и их развитие на рынке транспортных услуг предусматривается нормативными документами при введении стандартов — требований к минимальному содержанию выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников. В современных условиях внедряются и другие направления по использованию экологически безопасных технологий, в том числе процессы прямой цепочки создания ценностей с обратной (реверсивной) логистикой.

Наибольшая доля в структуре выбросов вредных веществ в атмосферу от мобильных источников приходится на оксид углерода. В 2020 г. его доля составила более 65 %, хотя по отношению к 2015 г. и наблюдаются значительные темпы его снижения. Анализ показал, что величина оксида углерода на душу населения в течение календарного года превысила 50 кг от мобильных источников.

Как отмечалось выше, значительный удельный вес выбросов и проблему загрязнения окружающей среды создает автотранспорт. Спрос на услуги перевозчиков, тесно связанный с развитием «зеленой» экономики, способствует практическому освоению инновационных проектов, экологически безопасных инструментов регулирования баланса экологических и социальных целей. Проведенными исследованиями установлено, что, с одной стороны, парк грузовых автотранспортных средств, принадлежащий организациям, превысил 260 тыс. единиц в 2020 г., сократившись более чем на 22 тыс. к 2015 г. С другой стороны, за этот же период выросло количество легковых автомобилей более чем на 19 тыс. единиц. Продолжает расти и парк автотранспортных средств, находящийся в личной собственности граждан. Так, в течение 2015–2020 гг. парк грузовых транспортных средств вырос с 135,6 тыс. до 149,7 тыс. автомобилей, а легковых и автобусов — с 2932,0 тыс. до 3146,3 тыс. единиц.

Значительное влияние на выбросы вредных веществ в атмосферу создает автотранспорт, эксплуатируемый свыше 8 лет. Возрастная структура автотранспортных средств (АТС), занятых международными автоперевозками, представлена на рис. 1. Анализ показывает, что за последние 5 лет произошли существенные изменения в возрастной структуре АТС. Так, увеличился удельный вес

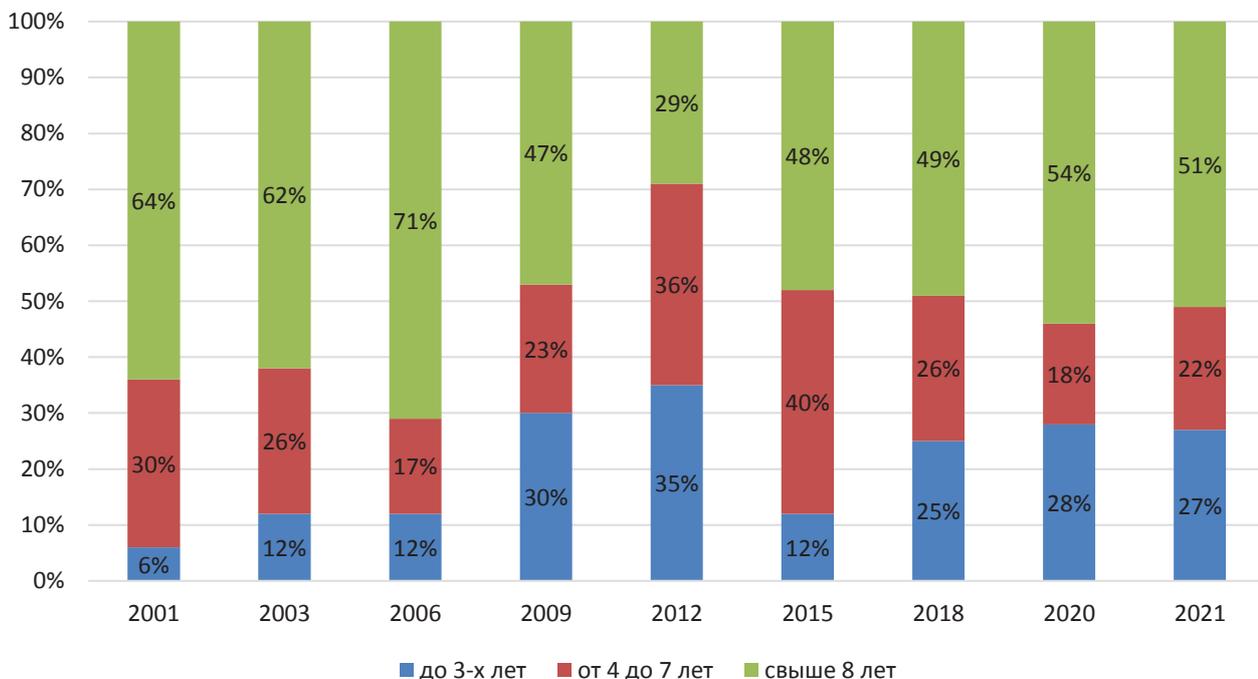


Рис. 1. Возрастная структура автотранспортных средств

автомобилей, эксплуатируемых в возрасте свыше 8 лет с 48 % в 2015 г. до 51 % в 2021 г., а также в возрасте до 3 лет почти в 2,5 раза.

Вместе с тем почти в 2 раза сократилось количество автомобилей, эксплуатируемых в возрасте от 4 до 7 лет.

Исследования динамики изменения парка автомобилей, осуществляющих международные перевозки по процедуре МДП, с точки зрения соответствия экологическим требованиям Евро, показывает, что в последние годы, начиная с 2015 г., происходит увеличение парка автомобилей, соответствующих стандарту Евро-6 и Евро-5. Если рассматривать динамику этих показателей, начиная с 2009 г., как это показано на рис. 2, то можно видеть, что количество автомобилей, соответствующих стандарту Евро-5, увеличилось за этот период с 13,0 до 50,9 %.

Начиная с 2015 г. начали использоваться и автомобили стандарта Евро-6, удельный вес которых в 2021 г. составил 19,2 %.

За анализируемый период существенно изменилась и структура парка в сегменте Евро-2 и Евро-3. С 2009 г. количество автомобилей, соответствующих экологическим требованиям стандарта Евро-2, сократилось в 11 раз, а Евро-3 — почти в 14 раз. В 2020 г. для осуществления международных перевозок по процедуре МДП было приобретено 208 новых автомобилей иностранного производства.

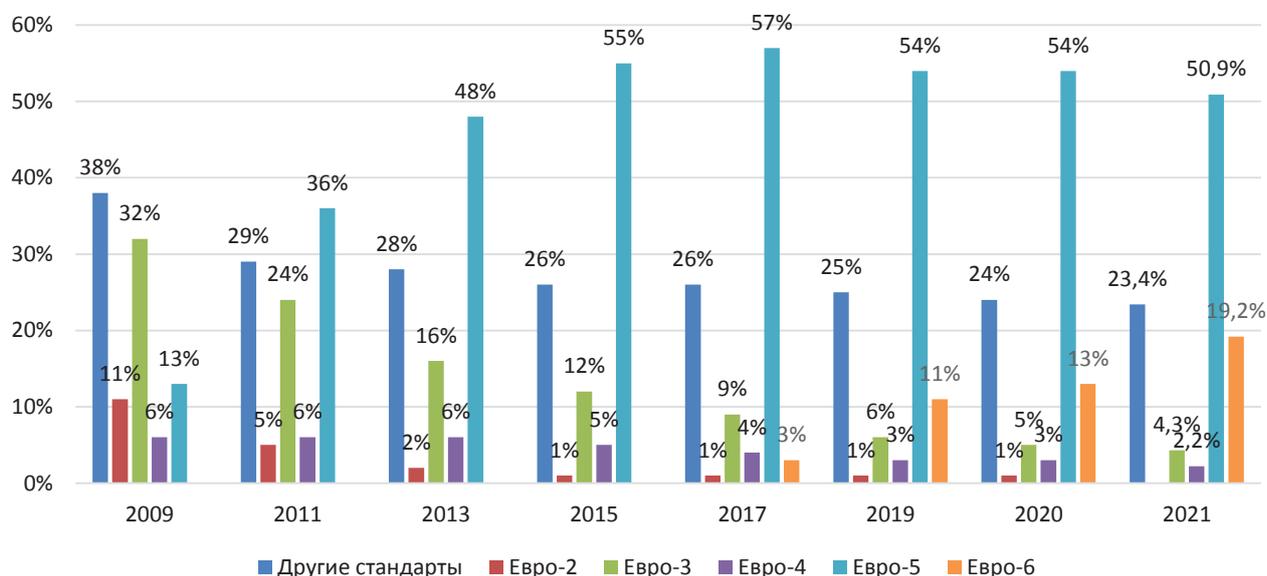


Рис. 2. Количество автомобилей, соответствующих экологическим стандартам Евро

Следует отметить, что в этот период не приобретались автомобили марки MAZ и MAZ/MAN, так как они не соответствуют новейшим европейским экологическим стандартам. На рынке международных перевозок используются в основном грузовые автомобили иностранных производителей. Так, на седельные тягачи марок DAF приходится 27,5 %, SCANIA — 18,9 % и VOLVO — 17 %, то есть их суммарное количество превышает 63 %. Такая же ситуация сложилась и в секторе грузовых автомобилей. Например, на автомобили марки IVECO приходится 28,3 %, MERCEDES-BENZ — 19,5 %, SCANIA — 10,3 % и DAF — 8,8 %, то есть эти автомобили составляют почти 67 % от общего парка, а автомобили MAZ — только 3 %.

Подобная ситуация характерна и для всего парка эксплуатируемых автотранспортных средств в республике. Так, удельный вес автомобилей в возрасте свыше 8 лет превысил 50 %. Наблюдаемое устаревание автомобильного парка сопровождается снижением экологических требований по развитию «зеленой» экономики на транспорте.

В современных условиях основные направления по снижению выбросов в окружающую среду принимаются странами индивидуально, исходя из особенностей структурных преобразований их

экономики. В связи с этим экономический механизм поддержки возобновляемых источников энергии на транспорте строится на компромиссных решениях участников рынка. Здесь акцент смещен в направлении применения инструментов поддержки «зеленой» экономики, в направлении активизации работы по привлечению зеленых инвестиций, внедрению экоинноваций [4]. Транспортные предприятия заинтересованы в снижении уровня загрязнения окружающей среды как прибыльного направления в экологической безопасности страны, благоприятно влияющего на раскрытие их собственного потенциала в освоении более чистых технологий.

Исследования выбросов загрязняющих веществ на душу населения республики приведены на рис. 3.

Данные рис. 3 подтверждают факт снижения как от выбросов загрязняющих в атмосферу веществ на душу населения от мобильных источников, так и от источников экономики в целом.

Для оценки воздействия на окружающую среду вредных веществ от источников загрязнения используются коэффициенты природоемкости ВДС от источников загрязнения экономики и природоемкости ВДС от транспортной, почтовой курьерской деятельности и складирования (ТДСПКД) [5]. Проведенные исследования свидетельствуют, что в 2019 г. темп роста ВДС на душу населения составил 110,3 % к базисному 2015 г.,

а коэффициент природоемкости ВДС ТДСПКД мобильных источников снизился с темпом 88,48 %. За рассматриваемый период темп роста ВДС экономики составил 104,81 % к базисному году. Вместе с тем темп снижения коэффициента природоемкости ВДС от источников загрязнения экономики составил 91,09 %. Таким образом, коэффициент ТДСПКД снижался быстрее, чем аналогичный показатель по экономике страны в целом. Это свидетельствует о наметившихся положительных тенденциях экстерналий на транспорте и подтверждает тот факт, что техногенная нагрузка на окружающую среду и на население в Беларуси демонстрирует замедление от транспортной деятельности с одновременным улучшением коэффициента природоемкости.

Нами проведены исследования по выбору показателей воздействия на окружающую среду вредных веществ от источников загрязнения. Для выявления тесноты связи между ВДС и валовым потреблением топливно-энергетических ресурсов ($TЭP_{потреб}$) использован корреляционный анализ. На рис. 4 представлена связь в полиномиальной форме связи этих показателей.

Массивы данных исследованы репрезентативной выборкой поквартальных данных, где стоимостное выражение ВДС скорректировано на индекс-дефлятор ВВП (I квартал 2010 г. взят за базисный). Результатом исследований установлен факт отсутствия тесноты связи между исследуемыми параметрами, так как коэффициент корреляции составляет 0,06. В связи с этим к дальнейшим исследованиям приняты коэффициенты природоемкости ВДС от источников загрязнения экономики и природоемкости ВДС транспортной, почтовой курьерской деятельности и складирования (ТДСПКД). Коэффициент природоемкости ВДС выступает связующим звеном для многих показателей, характеризующих развитие «зеленой» экономики. Так, коэффициент природоемкости ВДС мобильных источников от темпов прироста ВДС на душу населения, можно представить в виде следующей математической модели:

$$V_b = b_d \cdot (U - U_F) + \Delta Z \mathcal{E}_e,$$

где V_b — коэффициент природоемкости ВДС мобильных источников;

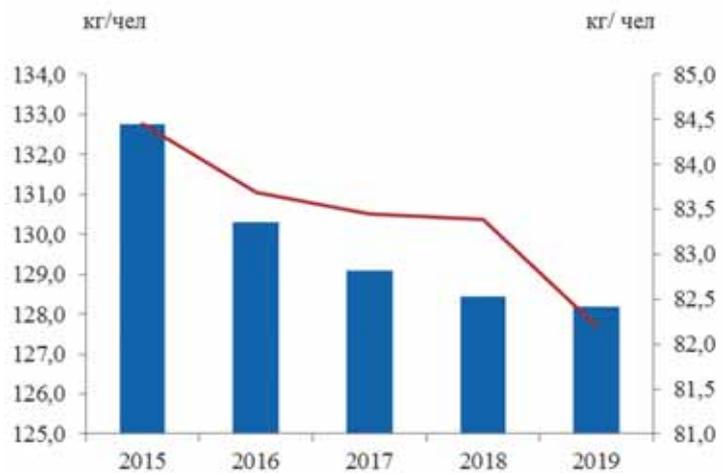


Рис. 3. Выбросы загрязняющих веществ на душу населения, кг/чел.

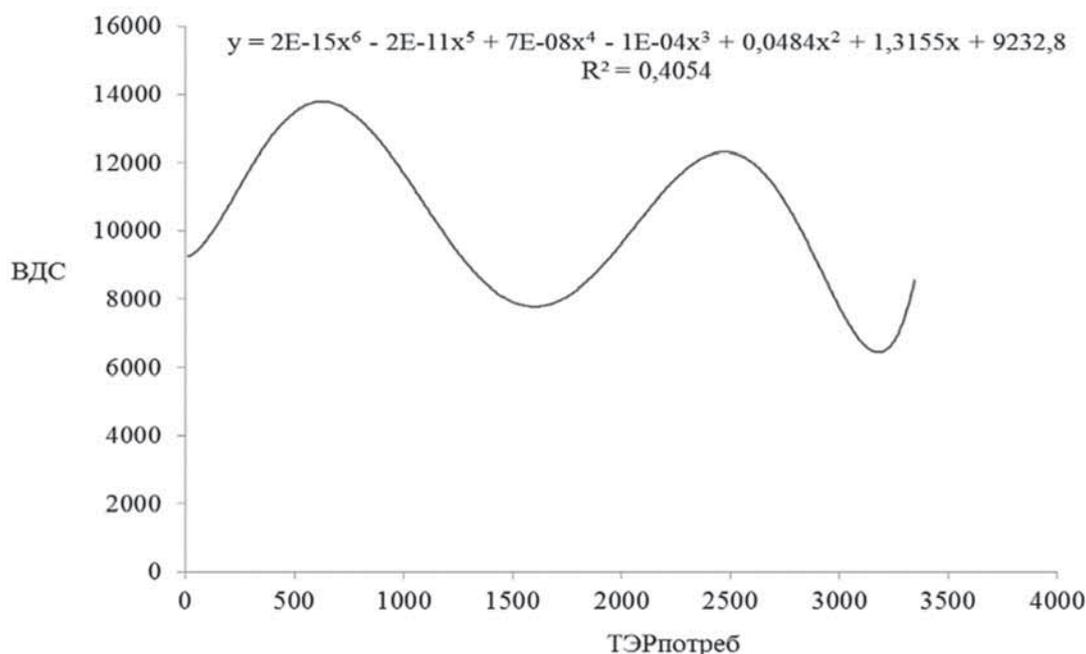


Рис. 4. Полиномиальная связь ВДС (млн руб.) и валового потребления топливно-энергетических ресурсов (тыс. т у. т.) (I квартал 2010 г. = 100)

$Z\mathcal{E}_e$ — темп прироста ВДС на душу населения;

U_F — уровень фактической безработицы (по данным Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь);

U — естественный уровень безработицы (в расчет принят 0,065);

b_D — коэффициент, определяющий реакцию номинальной ВДС на душу населения (в текущих ценах, тыс. руб./чел.) на уровень безработицы, зарегистрированной по данным Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. По исследованиям авторов коэффициент b_D в расчет принят $-0,52$.

На рис. 5 приведена графическая интерпретация тренда аппроксимации, имеющего экспоненциальную форму зависимости коэффициента природоёмкости ВДС мобильных источников от темпов прироста ВДС на душу населения. При этом получена величина коэффициента корреляции, равная $+0,87$.

Экспоненциально пропорциональная математическая модель свидетельствует, что $0,01$ процентного пункта темпа прироста ВДС на душу населения сопровождается ростом коэффициента природоёмкости ВДС мобильных источников на $0,0079$ процентного пункта.

Разработанная линейная математическая модель, связывающая коэффициент природоёмкости ВДС мобильных источников с уровнем фактической безработицы, приведена на рис. 6.

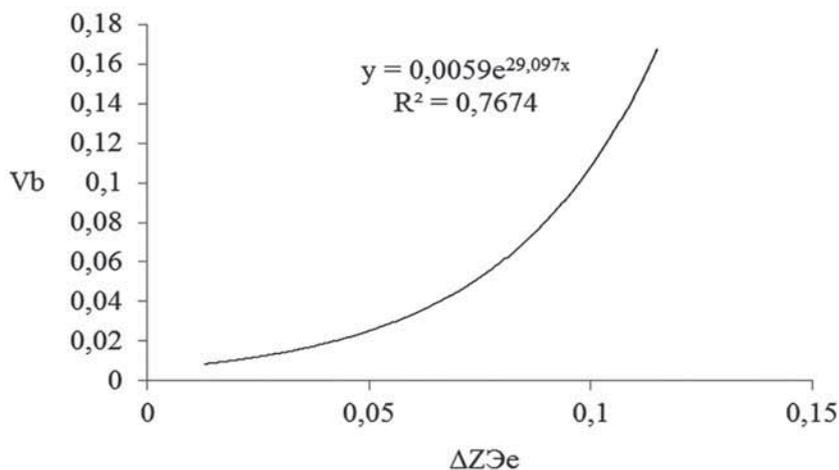


Рис. 5. Экспоненциальная форма связи коэффициента природоёмкости ВДС мобильных источников и темпов прироста ВДС на душу населения

Как видно из рис. 6, уровень фактической безработицы в размере 0,01 процентного пункта соответствует снижению коэффициента природоемкости ВДС мобильных источников на 0,13 процентного пункта.

Механизм взаимодействия моделей, представленных на рис. 5 и 6, позволяет сделать вывод, что 1% темпа роста ВДС на душу населения соответствует 0,005 процентных пункта нагрузки выбросов от мобильных источников. Данное условие сопровождается приростом уровня фактической безработицы на каждый 0,001 процентного пункта.

Темпы прироста ВДС на душу населения в зависимости от темпов прироста валового накопления основного капитала представлены в виде линейной математической модели (рис. 7). Для этого случая определена теснота связи приведенных стоимостных показателей к базисному I кварталу 2010 г. и получен коэффициент корреляции, равный +0,99.

Таким образом, прирост валового накопления основного капитала до уровня 0,2 процентных пункта сопряжен с темпом прироста ВДС на душу населения, равным 0,0768 процентных пункта, и ростом коэффициента природоемкости ВДС мобильных источников, равным 0,0551 процентных пункта. Данным показателям соответствует ожидаемый уровень фактической безработицы в размере 0,0233 процентных пункта, что в 2,79 раза ниже уровня естественной безработицы.

Заключение.

Проведенное исследование свидетельствует о том, что развитие транспортной деятельности в Республике Беларусь поддерживается в пределах обязательств по положению Парижского соглашения к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Здесь особенно важным является охрана атмосферного воздуха, совершенствование системы контроля за состоянием мобильных источников загрязнения с помощью технологий цифровой экономики, интернет-технологий и смарт-оборудования.

Резкий рост суммарной мощности автомобильного транспорта, принадлежащего юридическим и физическим лицам, сдерживает развитие «зеленой» экономики на транспорте. Важно, что их цели по приобретению автомобилей устремлены не в одном направлении активности на стадии потребления. Первые прилагают усилия в получении добавленной стоимости от реализации транспортных средств, а вторые — увеличивают долю потребления личного располагаемого дохода и несут повышенные потребительские расходы. Объединяющим синергетическим эффектом при этом являются

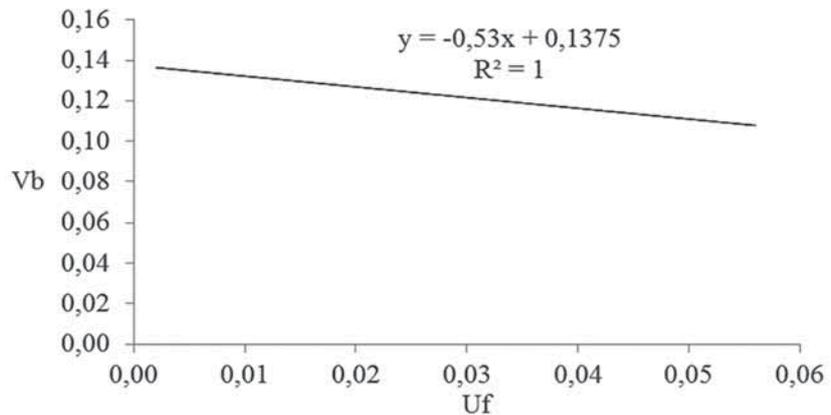


Рис. 6. Линейная форма связи коэффициента природоемкости ВДС мобильных источников и уровня фактической безработицы

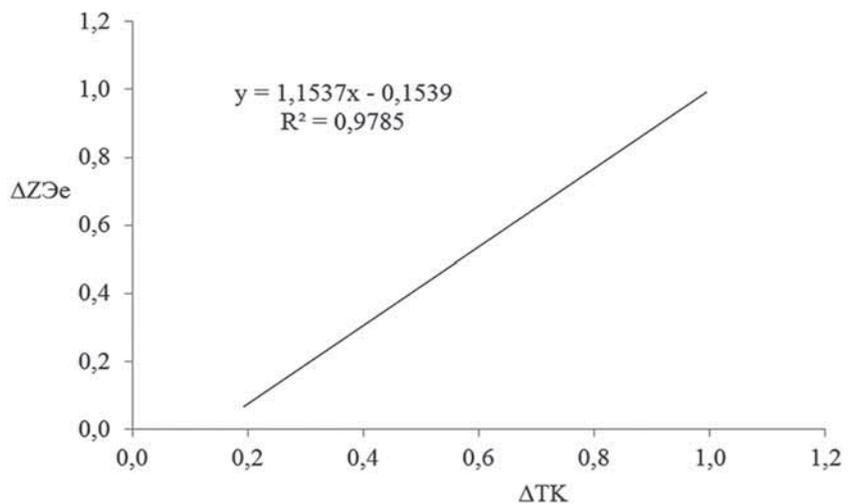


Рис. 7. Линейная форма связи темпа прироста ВДС на душу населения и темпов прироста валового накопления основного капитала (I квартал 2010 г. = 100)

механизмы поддержки добавленной стоимости предприятий транспортной отрасли и организаций возобновляемых источников энергии.

Исследования показывают, что в республике за последние 5 лет на 1 % сокращения темпов выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от мобильных источников, приходящихся на автотранспортное средство, пришлось 2,3 % снижения темпов на одного занятого в автотранспортной деятельности. В свою очередь, расширение возможностей всестороннего охвата и использования потенциала транспортной деятельности эволюционным путем приводит к замещению недостаточно доходных технологий экоэффективными.

Разработка и внедрение инновационных механизмов поддержки возобновляемых источников энергии на транспорте в целях сокращения выбросов вредных веществ в окружающую среду продиктована необходимостью пересмотра нормативных правовых актов в области ограничения дымности отработанных газов от мобильных источников, а также на допуск к эксплуатации автотранспортных средств, отвечающих требованиям экологической безопасности не ниже стандарта Евро-5.

Инновационные подходы по производству новых автотранспортных средств (электромобили, гибридные автомобили и др.), а также обеспечение их нетрадиционными двигателями (водородные и т. п.) будут способствовать снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, поддержке возобновляемых источников энергии на транспорте, что позволит внедрять эффективные организационно-экономические механизмы «зеленой» экономики.

Исследования выбросов вредных веществ от мобильных источников диктуют необходимость скорректированного и комплексного подхода всех участников транспортной деятельности на международном рынке транспортных услуг.

Литература:

1. Стратегия по снижению вредного воздействия транспорта на атмосферный воздух Республики Беларусь на период до 2020 года. Утверждено: Заместитель Премьер-министра Республики Беларусь П. Прокопович 05.11.2013 № 06/137–207, 214–258. — Режим доступа: https://naturegomel.by/sites/default/files/inline/files/strategiya_po_snizheniyu_vrednogo_vozdeystviya_transporta.pdf. — Дата доступа: 22.10.2021.
2. Статистический ежегодник 2020 / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Минск: Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2020. — 436 с.
3. Ивуть, Р. Б. Оценка влияния автотранспортной инфраструктуры на социально-экономические показатели Минской области / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, И. В. Емельянович // Наука и техника. — 2018. — № 4. — С. 314–319.
4. Доклад о мировых инвестициях — 2020. Международное производство после пандемии: основные тенденции и обзор [Электронный ресурс] // Организация объединенных наций по промышленному развитию. — Режим доступа: https://unctad.org/system/files/official-document/wir2020_overview_ru.pdf. — Дата доступа: 01.09.2021.
5. Ивуть, Р. Б. Развитие реверсивной логистики на транспорте в Республике Беларусь / Р. Б. Ивуть, Д. Н. Месник, П. И. Лапковская // X Форум Вузов инженерно-технологического профиля союзного государства: Сборник материалов / Постоянный комитет Союзного государства, Министерство образования Республики Беларусь, Министерство образования и науки Российской Федерации, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, 6–10 декабря 2021 г. — Минск: Изд-во БНТУ, 2021. — С. 13–14.

УДК 537.523

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ГЕНЕРАЦИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

ENERGY EFFICIENT DEVICE FOR LOW-TEMPERATURE DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE PLASMA AT ATMOSPHERIC PRESSURE GENERATING

А. Н. Осипов,

начальник Центра междисциплинарных исследований «Центр плазменного и биомедицинского инжиниринга» УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

Е. Н. Каленкович,

старший преподаватель кафедры информационных радиотехнологий УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Д. А. Котов,

заместитель начальника Центра междисциплинарных исследований «Центр плазменного и биомедицинского инжиниринга», УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», заведующий НИЛ «Плазменные технологии и оборудование», канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

В. А. Рокач,

магистрант УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

П. И. Балтрукович,

директор ГУ «БелИСА», канд. техн. наук, г. Минск, Республика Беларусь

И. О. Хазановский,

заместитель начальника научно-исследовательского центра УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

A. Osipov,

Head of the Center for Interdisciplinary Research "Center for Plasma and Biomedical Engineering" of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

E. Kalenkovich,

Senior Lecturer of the Chair of Information Radio Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

D. Kotov,

Deputy Head of the Center for Interdisciplinary Research "Center for Plasma and Biomedical Engineering" of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Head of Research Laboratory "Plasma Technology and Equipment", Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

V. Rokach,

Graduate Student of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

P. Baltrukovich,

Director of the SO "Belarusian Institute of System Analysis and Information Support for Scientific and Technical Sphere", Candidate of Technical Sciences, Minsk, Republic of Belarus

I. Khazanovsky,

Deputy Head of the Research Center of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 20.05.2022.

В работе рассмотрен вопрос применения периодических синусоидально-затухающих сигналов, подаваемых на электроды разрядного блока, для создания энергоэффективных устройств генерации низкотемпературной атмосферной плазмы. Предложены и обоснованы соотношения для расчета длительности и скважности задающих импульсов, вызывающих синусоидально-затухающие сигналы.

The paper considers the issue of using periodic sinusoidally damped signals applied to the electrodes of the discharge unit to create energy-efficient devices for generating low-temperature atmospheric plasma. Relationships for calculating the duration and duty cycle of driving pulses that cause sinusoidally damped signals are proposed and substantiated.

Ключевые слова: холодная плазма атмосферного давления, параметры питающих сигналов, энергосбережение.

Key words: cold plasma at atmospheric pressure, parameters of supply signals, energy saving.

Введение.

Инновационный этап развития общества характеризуется быстрым внедрением в реальную экономику новых перспективных технологий, одной из которых является технология, основанная на применении низкотемпературной атмосферной плазмы. Постоянно расширяется спектр применений холодной плазмы, в том числе в здравоохранении [1, 2, 3, 4]. Наиболее важными областями являются: химическая индустрия и новые материалы (неразрушающее изменение свойств поверхности различных материалов и т. д.), охрана окружающей среды (очистка от загрязнений воды, воздуха и т. д.), здравоохранение (аппаратура и технологии стерилизации и терапии), микроэлектроника (производство плоских дисплеев и др.), оптика, электроника, энергоэффективные источники света и др. Технология обработки в плазме атмосферного разряда характеризуется рядом преимуществ: отсутствием громоздких и энергоемких систем создания и поддержания вакуума; возможностью обработки различных материалов, в том числе низкотемпературных полимеров и биологических объектов; оперативностью и универсальностью применения; невысокой ценой в сравнении с вакуумно-плазменным оборудованием [5, 6]. При проектировании оборудования для генерации плазмы разработчики сталкиваются с рядом задач, требующих проведения дополнительных исследований. Так, не исследован важный вопрос о выборе оптимальной формы электрического сигнала, подаваемого на разрядный блок. Форма и параметры питающего сигнала в значительной степени определяют энергопотребление устройства и свойства самой генерируемой плазмы. В данной работе приведена методика синтеза и применения синусоидально затухающих сигналов для создания энергоэффективных устройств генерации низкотемпературной атмосферной плазмы.

Материалы и методы исследования.

В проведенном исследовании генерация плазмы диэлектрического барьерного разряда (ДБР) при атмосферном давлении осуществлялась с помощью экспериментального комплекса, структурная схема которого представлена на рис. 1. В состав комплекса входит баллон с газом аргоном, регулятор расхода газа, осциллограф, устройство генерации плазмы, состоящее из генератора импульсов, транзисторного ключа, блока питания, повышающего трансформатора и разрядного блока. В качестве генератора импульсов использован генератор стандартных сигналов, работающий в режиме формирования широтно-импульсных сигналов с частотой до 100 кГц. Транзисторный ключ, включенный по схеме с общим истоком, совместно с высоковольтным трансформатором образует одноконтурный преобразователь напряжения. Блок питания представляет собой лабораторный блок питания с регулировкой напряжения и тока в пределах 0–30 В и 0–10 А, который содержит встроенные измерители напряжения и тока, используемые для определения потребляемой мощности устройства генерации при проведении исследования. Контроль формы и параметров задающих импульсов и сигналов, подаваемых на разрядный блок, осуществлялся цифровым осциллографом. Измерение параметров сигнала напряжением до 4 кВ на выходе повышающего трансформатора выполнено при помощи высоковольтного щупа. Использован разрядный блок коаксиального типа с ДБР для создания плазмы диффузного типа при атмосферном давлении. Данный разрядный блок позволяет формировать плазменный факел длиной до 3 см с зоной обработки диаметром порядка 1 см. В качестве плазмообразующего газа используется аргон. Генерация плазмы проводилась при расходе аргона 125 л/ч.

Для оценки эффективности снижения энергозатрат измерялась минимальная мощность устройства генерации, при которой происходило зажигание плазмы. Исследования проводились без внесения объектов в факел плазмы.

На первом этапе выполнялись измерения потребляемой мощности для стандартного режима работы генератора. Для этого на транзисторный ключ подавались задающие импульсные сигналы прямоугольной формы фиксированной амплитуды напряжения на резонансной частоте 51 кГц со скважностью $Q = 2$. Во вторичной обмотке повышающего трансформатора при этом появлялись синусоидальные незатухающие колебания. При пропуске с фиксированной скоростью аргона через разрядный блок на его выходе возникал факел плазмы. Потребляемая мощность генератора плазмы определялась на основании измерения действующих значений потребляемых напряжения и тока от источника питания.

На втором этапе проводилось исследование влияния изменения скважности задающих импульсов на энергопотребление устройства на резонансной частоте. Для этого длительность задающего импульса уменьшалась от значения $t = 19,6$ мкс, что соответствовало скважности $Q = 2$. Уменьшение длительности выполнялось с шагом 0,392 мкс с соответствующей регистрацией потребляемой мощности до момента прекращения горения (зажигания) плазмы. Отсутствие горения плазмы фиксировалось визуально.

На третьем этапе исследовалось влияние скважности импульсов задающего генератора на энергопотребление на частоте 12,5 кГц. При подаче сигнала на данной частоте с длительностью импульса $t = 19,6$ (соответствует скважности $Q = 8$) во вторичной обмотке возникает 3 периода затухающих колебаний. Длительность задающих импульсов уменьшалась с шагом 0,392 мкс до момента прекращения горения (зажигания) плазмы. Соответственно, регистрировалась потребляемая мощность генератором плазмы.

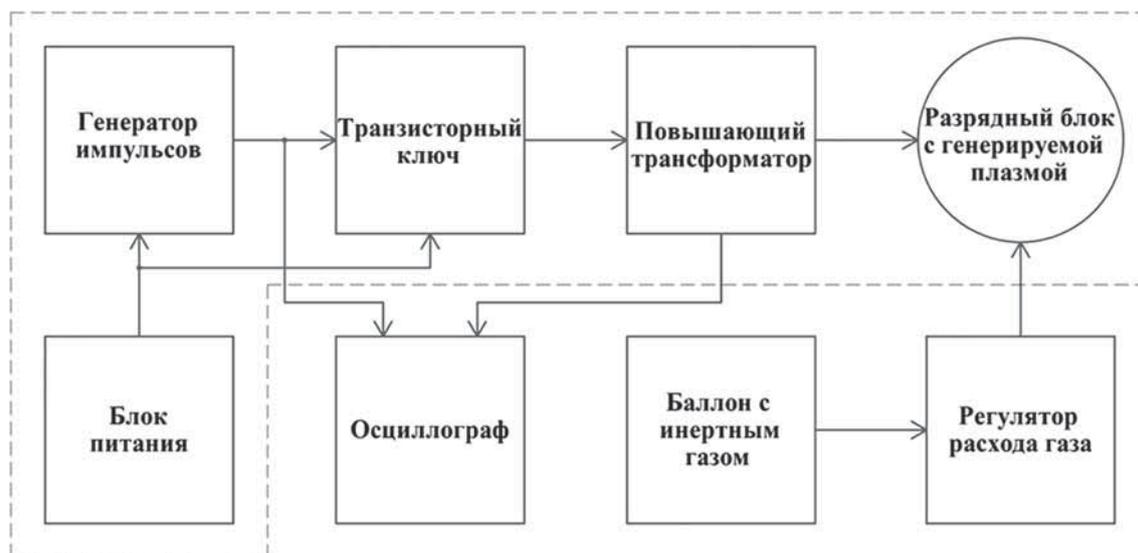


Рис. 1. Структурная схема экспериментального комплекса

Применение периодических синусоидально-затухающих сигналов для генерации атмосферной холодной плазмы.

Как следует из рис. 1, задающие прямоугольные импульсы с выхода генератора импульсов поступают на транзисторный ключ, управляющий протеканием тока в первичной и, соответственно, во вторичной обмотках повышающего трансформатора. На электроды разрядного блока поступает переменный высоковольтный сигнал, генерирующий атмосферную плазму диэлектрического барьерного разряда. Частота высоковольтного сигнала соответствует резонансной частоте f_p выходного контура, создаваемого вторичной обмоткой повышающего трансформатора, электродами разрядного блока и генерируемой плазмой.

Поскольку выходной каскад устройства представляет собой колебательный контур, то при подаче на него одиночного импульса в нем возникают затухающие колебания с резонансной частотой f_p . Длительность затуханий определяется декрементом затухания λ . При подаче последовательности

задающих импульсов со скважностью $Q \geq 4$ в разрядном блоке возникают периодические затухающие колебания, обеспечивающие в течение некоторого периода $T_{пл}$ устойчивое зажигание и горение плазмы (рис. 2). Длительность периода $T_{пл}$ зависит от особенностей конструкции разрядного блока и параметров выходного контура и лежит в пределах:

$$\frac{1}{f_p} \leq T_{пл} \leq \frac{1}{\lambda \cdot f_p}.$$

Наличие затухающих колебаний позволяет увеличить период следования задающих импульсов (увеличить скважность Q) и, соответственно, уменьшить энергозатраты на генерацию плазмы. В связи с этим в данной статье рассматриваются вопросы генерации плазмы при подаче на электроды разрядного блока периодических синусоидальных затухающих колебаний. Сокращение энергозатрат зависит

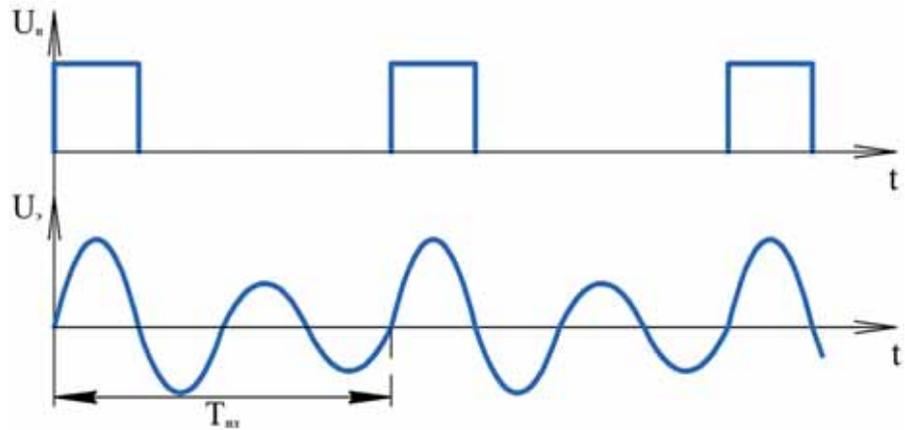


Рис. 2. Диаграмма напряжений: а) U_n — задающие импульсы; б) U_s — колебания на электродах разрядного блока

от длительности импульса, его периода (момента поступления, задающего импульс в контур при наличии затухающих колебаний) и декремента затухания, определяющего степень уменьшения амплитуды затухающих колебаний. Рассмотрим влияние данных параметров на условия генерации плазмы.

При длительности задающего импульса $t = 1/2 f_p$ первая полуволна колебаний на электродах соответствует длительности t . Изменение формы задающего импульса происходит за счет реактивных свойств первичной обмотки повышающего трансформатора и выходного контура. Длительность полуволны затухающих колебаний также равна длительности задающего импульса. Следует отметить, что длительность задающего импульса может быть уменьшена до значения $t = 1/4 f_p$. В этом случае обеспечивается его согласование с резонансными характеристиками контура: в момент t_0 окончания времени импульса амплитуда напряжения на плазме достигает максимального значения $U_{об}^{макс}$ (рис. 3).

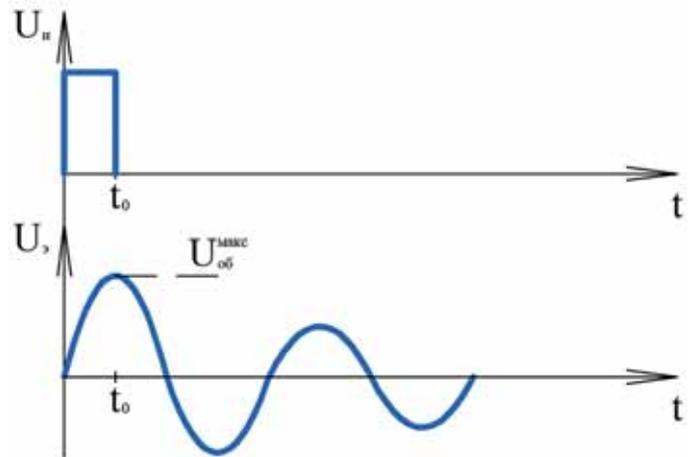


Рис. 3. Диаграмма напряжений: а) U_n — задающие импульсы; б) U_s — колебания на электродах разрядного блока

Следовательно, уменьшение потребляемой мощности в выходном каскаде обеспечивается уменьшением длительности импульса, которая определяется из условия:

$$\frac{1}{4f_p} \leq t \leq \frac{1}{2f_p}.$$

Длительность периода задающих импульсов $T_{пл}$ (скважностью Q) и, соответственно, момент поступления в контур энергии задающего импульса на фоне затухающих колебаний в значительной степени влияет на энергопотребление устройства. На диаграмме (рис. 4) представлены сигналы питания с различной скважностью. Так, на рис. 4, а поступление задающего импульса совпадает по фазе с свободно затухающими колебаниями контура. Это обеспечивает максимальную амплитуду напряжения первой волны возбужденных затухающих колебаний и снижение мощности, затрачиваемой на генерацию плазмы. На рис. 4, б задающий импульс не совпадает по фазе с затухающим колебанием в контуре. Возбужденные колебания будут иметь меньшую амплитуду и худшие показатели энергопотребления.

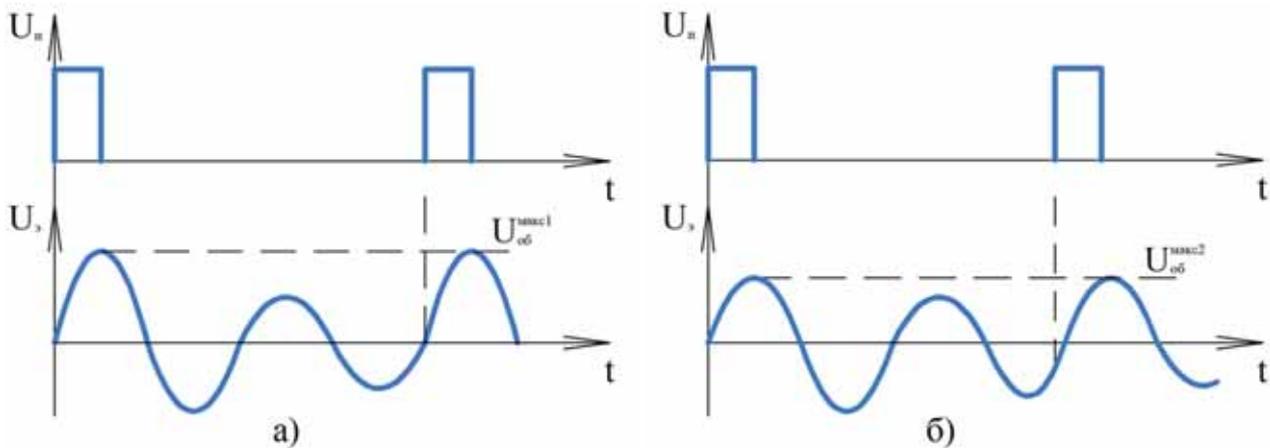


Рис. 4. Диаграммы: а) при совпадении; б) при несовпадении по фазе напряжений задающих импульсов и затухающих колебаний на электродах разрядного блока

Таким образом, период следования задающего импульса определяется из:

$$\begin{cases} \frac{1}{f_p} \leq T_{пл} \leq \frac{1}{\lambda \cdot f_p} \\ T = k \cdot \frac{1}{2f_p}, \end{cases}$$

где k — целое число не меньше 1.

Очевидно, что для выходных каскадов с низким декрементом затухания значение $T_{пл}$ будет больше, чем для каскадов с большим λ . Следует учесть при этом, что декремент затухания изменяется (увеличивается) при внесении в факел плазмы обрабатываемых объектов. Это, соответственно, вызывает необходимость корректировки измеренного декремента затухания применительно к исследуемому технологическому процессу.

Проведена апробация применения исследуемых сигналов на экспериментальном комплексе. На рис. 5 приведена зависимость потребляемой мощности генератором ДБР от скважности задающих импульсов на частоте резонанса 51 кГц. Скважность импульсов изменялась от 2 и выше. При скважности $Q \geq 3,33$ зажигание плазмы не происходило. Увеличение скважности с 2 до 3,3 обеспечило уменьшение потребляемой мощности генератором на 18 %.

На рис. 6 приведена зависимость потребляемой мощности генератора ДБР при работе на частоте 12,75 кГц. На данной частоте возникают три периода свободно затухающих колебаний в резонансной системе генератора ДБР. Как следует из анализа графика на рис. 6, увеличение скважности на частоте 12,75 кГц позволяет уменьшить потребляемую мощность генератора при скважности $Q = 12,5$ на 50 % по сравнению с сигналом со скважностью $Q = 8$. Как и при работе на резонансной частоте, при скважности более 12,5 зажигание плазмы также не происходило.

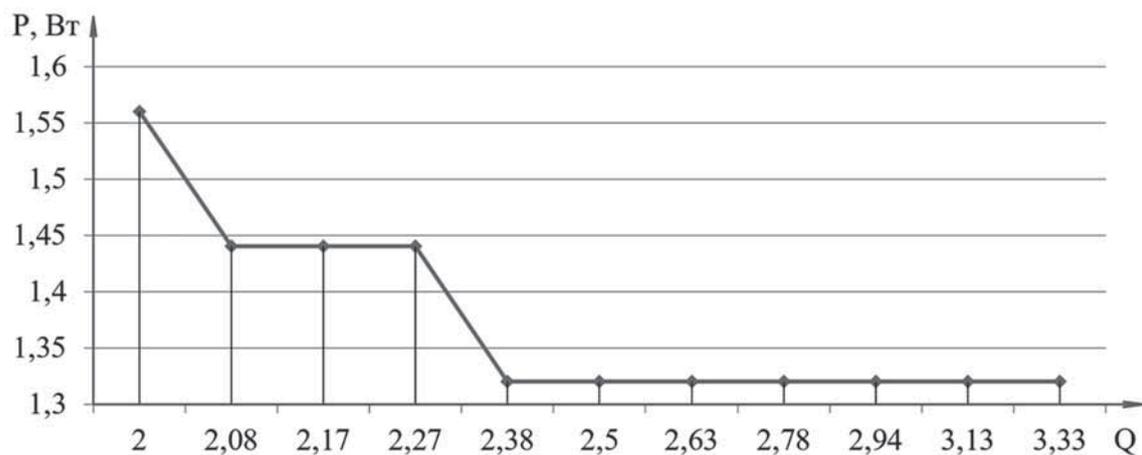


Рис. 5. Зависимость потребляемой мощности генератором ДБР от скважности импульсов на частоте резонанса 51 кГц

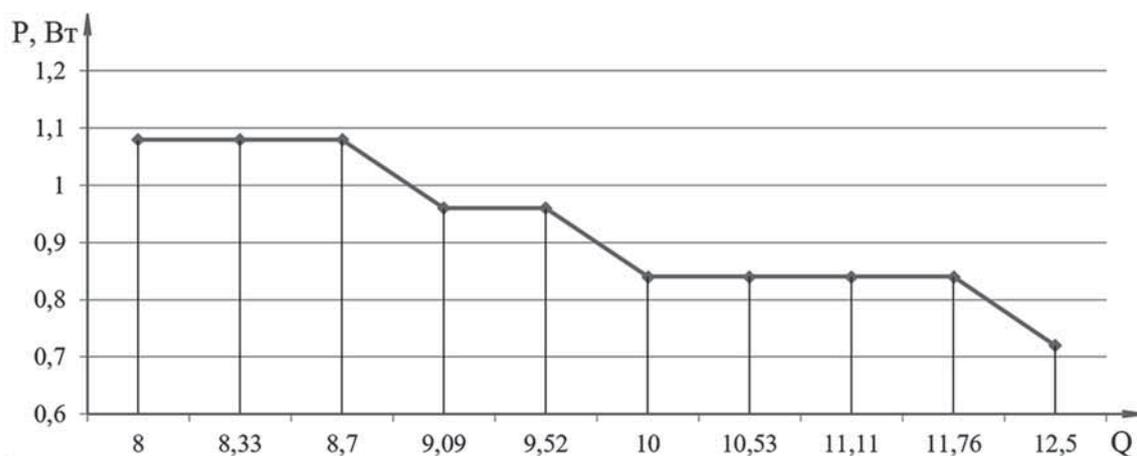


Рис. 6. Зависимость потребляемой мощности генератором ДБР от скважности импульсов на частоте 12,75 кГц

Следовательно, изменение частотно-временных параметров задающих импульсов позволяет снизить потребляемую мощность и тем самым повысить энергоэффективность устройств генерации плазмы ДБР.

Заключение.

Таким образом, в данной работе показана эффективность применения периодических синусоидально-затухающих сигналов, подаваемых на электроды разрядного блока, для создания энергоэффективных устройств генерации низкотемпературной атмосферной плазмы. Предложены и обоснованы соотношения для расчета длительности и скважности задающих импульсов, вызывающих синусоидально-затухающие сигналы. Увеличение скважности задающих импульсов с 2 до 3,3 на резонансной частоте позволило уменьшить потребляемую мощность генератором на 18 %, а на частоте 12,75 кГц, обеспечивающей синусоидально-затухающие колебания, — на 50 %. Применение такого рода сигналов позволит проектировать энергоэффективные устройства генерации холодной атмосферной плазмы.

Литература:

1. Adhikari B. R., Khanal R. Introduction to the plasma state of matter / B. R. Adhikari, R. Khanal // Himalayan Physics. — 2013. — Vol. 4. — P. 60–64.

2. Sakudo A., Yagyu Y., Onodera T. Disinfection and sterilization using plasma technology: Fundamentals and future perspectives for biological applications / A. Sakudo, Y. Yagyu, T. Onodera // International journal of molecular sciences. — 2019. — Vol. 20. — No. 20. — P. 5216.
3. Chaudhary K. et al. Plasma Kinetic Theory // Kinetic Theory; InTech: Rijeka, Croatia. — 2018. — P. 107–127.
4. Laroussi M. Plasma medicine: a brief introduction / M. Laroussi // Plasma. — 2018. — Vol. 1. — No. 1. — P. 47–60.
5. Tanaka H. et al. Non-thermal atmospheric pressure plasma activates lactate in Ringer's solution for anti-tumor effects / H. Tanaka // Scientific reports. — 2016. — Vol. 6. — No. 1. — P. 1–11.
6. Brandenburg R. Dielectric barrier discharges: progress on plasma sources and on the understanding of regimes and single filaments / R. Brandenburg // Plasma Sources Science and Technology. — 2017. — Vol. 26. — No. 5. — P. 053001.

УДК 623.48, 519.8

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЗАДАЧА О ДИЕТЕ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ

THE MULTICRITERIA PROBLEM OF DIET AND ITS APPLICATION IN THE DEVELOPMENT OF DIETS

Н. И. Лисейчиков,

главный научный сотрудник Научно-исследовательского института Вооруженных Сил Республики Беларусь, д-р техн. наук, профессор, г. Минск, Республика Беларусь

В. В. Ерошевич,

начальник отдела Научно-исследовательского института Вооруженных Сил Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

N. Liseichikov,

Chief scientific Officer of the Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor, Minsk, Republic of Belarus

V. Yeroshevich,

Head of Department of the Armed Forces of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 25.05.2022.

Питание населения страны в особых условиях, личного состава силовых министерств, ведомств в мирное и военное время осуществляется на основании установленных рационов питания (продовольственных пайков), разработка которых является сложным процессом. В статье формулируется и формализуется многокритериальная задача о диете, рассматриваются возможности ее использования при разработке соответствующего рациона питания, обоснование которого может быть выполнено методами математического программирования.

Nutrition of the population of the country under special conditions, personnel of power ministries, departments in peacetime and wartime is carried out on the basis of the established rations (food rations), the development of which is a complex process. In this article, we formulate and formalize a multicriteria problem about diet, consider the possibility of its use in the development of appropriate diets, the justification of which can be done by methods of mathematical programming.

Ключевые слова: рацион питания, продовольственный паек, многокритериальная задача, методы математического программирования.

Key words: diet, food ration, multicriteria problem, methods of mathematical programming.

Введение.

Актуальность и состояние задачи разработки рационов питания. Питание личного состава силовых структур государства, например военнослужащих срочной службы в мирное и военное

время, осуществляется на основании установленных норм обеспечения их продовольствием. Норма суточного довольствия, то есть набор (ассортимент) продуктов питания и их количество, определяет соответствующий рацион питания (РП). Обоснование РП может быть выполнено методами математического программирования. Одной из первых задач такого вида являлась классическая задача о диете [1].

Содержание задачи. Имеется m видов пищи, содержащих в тех или иных количествах n питательных веществ, необходимых для сохранения здоровья. Питательными веществами могут быть, например, белки, минеральные соли, витамины и др. Пусть a_{ij} , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$ — количество j -го питательного вещества, содержащегося в единице i -го продукта. Требуется обеспечить наличие всех необходимых питательных веществ при минимальных издержках.

Вводя обозначения: y_i — количество единиц i -го продукта, b_i — цена единицы данного продукта и c_j — минимально допустимое количество j -го питательного вещества, — имеем *математическую модель задачи*.

Найти вектор $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$, обеспечивающий минимизацию стоимости всех пищевых продуктов — $\min \sum_{i=1}^m b_i y_i$ при ограничениях $\sum_{i=1}^m y_i a_{ij} \geq c_j, j = \overline{1, n}$. Решение задачи было получено в США в ценах 1944 г. При этом было показано, что для оплаты соответствующей диеты требовалось 60 долл. США в год при условии, что «диета соответствует вкусам тех редких людей, которые могут получить удовольствие от однообразного поглощения сушеных бобов, капусты, пшеничной муки и т. п.» [1, с. 143].

В учебнике [2, с. 65] было отмечено: «При определении оптимальных наборов продуктов и рецептов, соответствующих требованиям сбалансированности, расчете их стоимости целесообразно применять методы, основанные на количественном математическом анализе и использовании ЭВМ». Для достижения данной цели там же указана возможность использования симплекс-метода линейного программирования. Одна из современных постановок задач рассматриваемого класса — задача формирования пищевого набора рассмотрена в учебнике [3, с. 21]. Однако ее постановка и формализация выполнены в самом общем виде и в большей мере представляют пример построения математической модели задачи исследования операций.

Прикладные возможности применения методов математического программирования для разработки РП военнослужащих были показаны в работе [4], в которой приведены рассчитанные варианты улучшенного общевойскового пайка в соответствии с требованиями продовольственного управления Министерства обороны Республики Беларусь. Однако используемые математические модели в статье не приводились. Математические модели РП военнослужащих, возможные результаты их применения были приведены в работах [5, 6], при этом показана возможность получения значительного экономического эффекта от их применения. Тем не менее сформулированные задачи и их математические модели не учитывали часть норм и правил потребления пищевых веществ и энергии военнослужащими. Поэтому рассмотрим многокритериальную задачу о диете и возможности ее применения при разработке соответствующих рационов питания.

Многокритериальная задача о диете и ее математическая модель.

Постановка задачи. Задан набор (ассортимент), включающий n продуктов питания. Установлено содержание питательных веществ (макро- и микронутриентов) в каждом i -м продукте питания. Установлена совокупность норм и правил потребления пищевых веществ и энергии. Необходимо найти количество продуктов питания РП, при которых все установленные нормы и правила будут выполняться. Стоимость и масса пайка при этом должны быть как можно меньше, а его энергетическая ценность (калорийность) — как можно больше.

Исходные данные задачи.

1. Набор (ассортимент), включающий n продуктов питания.
2. Содержание в каждом i -м продукте питания питательных веществ (макро- и микронутриентов).
3. Калорийность 1 г белков, жиров, углеводов, принимаемая за 4, 9, 4 ккал соответственно.
4. Нормы и правила потребления пищевых веществ, энергии военнослужащими в соответствии с положениями теории рационального питания.

Формализация задачи. Введем переменные $x_i, i = \overline{1, n}$, обозначающие количество i -го продукта питания. Обозначим содержание в 1 г продукта:

- $a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, i = \overline{1, n}$ — белков, жиров, углеводов соответственно;
- $a_{i4} (a_{i5}), i = \overline{1, n}$ — белков растительных (животных);
- $a_{i6} (a_{i7}), i = \overline{1, n}$ — жиров растительных (животных);
- $p_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j_1}$ — j -й насыщенной жирной кислоты ($j = 1$ — пальмитиновая, $j = 2$ — стеариновая, $j = 3$ — лауриновая, $j = j_1 = 4$ — миристиновая);
- $r_{i5}, r_{i6}, r_{i7}, i = \overline{1, n}$ — полиненасыщенной жирной кислоты — линолевой (ω_6), линоленовой (ω_3), мононенасыщенной — олеиновой соответственно;
- $c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}, i = \overline{1, n}$ — крахмала, сахара (моно- и дисахаридов), пищевых волокон соответственно;
- $\alpha_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j_2}$ — незаменимых аминокислот ($j = 1$ — триптофан, $j = 2$ — треонин, $j = 3$ — изолейцин, $j = 4$ — лейцин, $j = 5$ — лизин, $j = 6$ — метионин, $j = 7$ — фенилаланин, $j = j_2 = 8$ — валин);
- $\beta_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j_3}$ — заменимых аминокислот ($j = 1$ — аланин, $j = 2$ — серин, $j = 3$ — глутамин, $j = 4$ — аспаргин, $j = 5$ — пролин, $j = j_3 = 6$ — гликокол);
- $v_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j_4}$ — витаминов ($j = 1$ — витамин А, $j = 2$ — В₁, $j = 3$ — В₂, $j = 4$ — В₆, $j = 5$ — РР, $j = 6$ — С, $j = 7$ — D, $j = j_4 = 8$ — E);
- $w_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j_5}$ — минеральных веществ ($j = 1$ — Ca, $j = 2$ — Mg, $j = 3$ — P, $j = 4$ — Fe, $j = 5$ — K, $j = 6$ — F, $j = 7$ — Na, $j = j_5 = 8$ — Cl).

Нормы и правила потребления пищевых веществ и энергии являются ограничениями рассматриваемой задачи, аналитические выражения для которых записываются с учетом ряда особенностей.

1. Математические выражения для ограничений задачи записываются в общем виде, основываясь на основных положениях теории рационального питания.

2. При наличии требований, имеющихся в научной литературе, нормативных правовых документах, отличающихся друг от друга и предъявляемых к одним и тем же нормам и правилам потребления энергии и пищевых веществ, приводятся соответствующие различные выражения.

3. Отдельные нормы и правила могут быть избыточными, то есть дублировать друг друга.

4. Математические выражения для норм и правил, дублирующих друг друга, могут иметь противоречия.

Теория рационального питания [7, 8] рассматривает три уровня сбалансированности.

Уровень 1. Баланс энергии. Расходуемая организмом человека на все виды деятельности энергия должна адекватным образом компенсироваться энергией, поступающей с пищей.

1. **Калорийность РП.** $Q = \sum_{i=1}^n (4a_{i1} + 9a_{i2} + 4a_{i3})x_i = Q_0$, где Q_0 — требуемая энергетическая ценность, а $\sum_{i=1}^n a_{i1}x_i, \sum_{i=1}^n a_{i2}x_i, \sum_{i=1}^n a_{i3}x_i$ — соответственно масса белков, жиров и углеводов РП.

Уровень 2. Баланс энергонесущих макронутриентов — белков, жиров, углеводов.

2. Белки должны обеспечивать (0,10–0,15) калорийности РП:

$$\sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n 4a_{i1}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,6a_{i1} + 1,35a_{i2} + 0,6a_{i3})x_i.$$

3. Жиры — не более 30 % калорийности РП:

$$\sum_{i=1}^n 9a_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n (1,2a_{i1} + 2,7a_{i2} + 1,2a_{i3})x_i, \sum_{i=1}^n (1,2a_{i1} - 6,3a_{i2} + 1,2a_{i3})x_i \geq 0.$$

4. Углеводы — 55–65 % калорийности РП:

$$\sum_{i=1}^n (2,2a_{i1} + 4,95a_{i2} + 2,2a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n 4a_{i3}x_i \leq \sum_{i=1}^n (2,6a_{i1} + 5,85a_{i2} + 2,6a_{i3})x_i.$$

5. Соотношение по массе белков, жиров и углеводов — 1:1:4 соответственно.

Следовательно, соотношение белков и жиров имеет вид $\sum_{i=1}^n a_{i1}x_i = \sum_{i=1}^n a_{i2}x_i$, $\sum_{i=1}^n (4a_{i1} - a_{i3})x_i = 0$.

Правило 5 дублирует условия 2–4 и может им противоречить.

Уровень 3. Баланс внутри групп макронутриентов и сбалансированность микронутриентов РП.

6. Белки животные — 55 % от всех белков: $\sum_{i=1}^n a_{i5}x_i = \sum_{i=1}^n 0,55a_{i1}x_i$, $\sum_{i=1}^n (a_{i5} - 0,55a_{i1})x_i = 0$.

7. Содержание незаменимых аминокислот: $\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}x_i = \sum_{i=1}^n 0,01k_j a_{i1}x_i$, $\sum_{i=1}^n (\alpha_{ij} - 0,01k_j a_{i1})x_i = 0$, $j = \overline{1, j_2}$,

где k_j — требуемое количество j -й аминокислоты на 100 г белка ($k_1 = 1$ — триптофан, $k_2 = 4$ — треонин, $k_3 = 4$ — изолейцин, $k_4 = 7$ — лейцин, $k_5 = 5,5$ — лизин, $k_6 = 3,5$ — метионин и цистеин, $k_7 = 6$ — фенилаланин и тирозин, $k_8 = 5$ — валин).

8. Соотношение незаменимых аминокислот. Соотношение триптофана, лизина и метеонин составляет 1:3:3 соответственно. Следовательно, соотношение триптофана и лизина имеет вид

$\sum_{i=1}^n 3\alpha_{i1}x_i = \sum_{i=1}^n \alpha_{i5}x_i$, $\sum_{i=1}^n (3\alpha_{i1} - \alpha_{i5})x_i = 0$, триптофана и метеонина — $\sum_{i=1}^n 3\alpha_{i1}x_i = \sum_{i=1}^n \alpha_{i6}x_i$, $\sum_{i=1}^n (3\alpha_{i1} - \alpha_{i6})x_i = 0$.

9. Содержание незаменимых аминокислот иногда учитывается [2] двухсторонними ограничениями $\alpha_{j0}^{(1)} \leq \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}x_i \leq \alpha_{j0}^{(2)}$, $j = \overline{1, j_2}$, где $\alpha_{j0}^{(1)}$ ($\alpha_{j0}^{(2)}$) — нижняя (верхняя) граница физиологической потребности организма в j -й аминокислоте.

10. Содержание жиров животных — не более 2/3 от всех жиров:

$\sum_{i=1}^n a_{i7}x_i \leq \sum_{i=1}^n 0,667a_{i2}x_i$, $\sum_{i=1}^n (0,667a_{i2} - a_{i7})x_i \geq 0$.

11. Содержание и соотношение жирных кислот.

11.1. Насыщенные жирные кислоты — не более 10 % калорийности РП:

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{j_1} 9p_{ij}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3})x_i$, $\sum_{i=1}^n [0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3} - \sum_{j=1}^{j_1} 9p_{ij}]x_i \geq 0$.

11.2. Полиненасыщенные жирные кислоты — 3–7 % калорийности РП:

$\sum_{i=1}^n (0,12a_{i1} + 0,27a_{i2} + 0,12a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=5}^6 9r_{ij}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,28a_{i1} + 0,63a_{i2} + 0,28a_{i3})x_i$.

11.3. Отношение полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным жирным кислотам не менее 0,5, то есть $\sum_{i=1}^n \sum_{j=5}^6 r_{ij}x_i / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{j_1} p_{ij}x_i \geq 0,5$, $\sum_{i=1}^n (\sum_{j=5}^6 r_{ij} - \sum_{j=1}^{j_1} 0,5p_{ij})x_i \geq 0$.

11.4. Соотношение полиненасыщенных жирных кислот ω_3 : ω_6 равно 1:(6–10), откуда $\sum_{i=1}^n 6r_{i6}x_i \leq \sum_{i=1}^n r_{i5}x_i \leq \sum_{i=1}^n 10r_{i6}x_i$.

12. Жирные кислоты: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах населения РФ [8].

12.1. Насыщенные жирные кислоты — содержание требования аналогично п. 8.1.

12.2. Потребность в мононенасыщенных жирных кислотах — 10 % калорийности РП, то есть

$\sum_{i=1}^n 9r_{i7}x_i = \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3})x_i$, $\sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3} - 9r_{i7})x_i = 0$.

12.3. Потребность в полиненасыщенных жирных кислотах — 6–10 % калорийности РП, то есть

$\sum_{i=1}^n (0,24a_{i1} + 0,53a_{i2} + 0,24a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=5}^6 9r_{ij}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3})x_i$.

12.4. Потребность в полиненасыщенных жирных кислотах ω_3 и ω_6 соответственно составляет 1–2 и 5–8 % калорийности РП.

Тогда потребность в ω_3 : $\sum_{i=1}^n (0,04a_{i1} + 0,09a_{i2} + 0,04a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n 9r_{i6}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,08a_{i1} + 0,18a_{i2} + 0,08a_{i3})x_i$, а для ω_6 — $\sum_{i=1}^n (0,2a_{i1} + 0,45a_{i2} + 0,2a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n 9r_{i5}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,32a_{i1} + 0,72a_{i2} + 0,32a_{i3})x_i$.

12.5. Оптимальное соотношение ω_3 : ω_6 составляет 1:(5–10) — $\sum_{i=1}^n 5r_{i6}x_i \leq \sum_{i=1}^n r_{i5}x_i \leq \sum_{i=1}^n 10r_{i6}x_i$.

13. Углеводистые продукты.

13.1. Простые углеводы (моно- и дисахариды) не должны превышать 20 % всех углеводов (условие 1) или 10 % калорийности РП (условие 2).

Условие 1 может быть записано в виде $\sum_{i=1}^n c_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n 0,2a_{i3}x_i$, $\sum_{i=1}^n (0,2a_{i3} - c_{i2})x_i \geq 0$, условие 2 — $\sum_{i=1}^n 4c_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3})x_i$, $\sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3} - 4c_{i2})x_i \geq 0$.

13.2. Крахмальные и некрахмальные полисахариды должны поступать в количестве не менее 80 % от суммы всех углеводов: $\sum_{i=1}^n (c_{i1} + c_{i3})x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,8a_{i3}x_i$, $\sum_{i=1}^n (c_{i1} + c_{i3} - 0,8a_{i3})x_i \geq 0$.

13.3. Пищевые волокна должны составлять 11–14 г на 1000 ккал РП: $\sum_{i=1}^n (0,44a_{i1} + 0,99a_{i2} + 0,44a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n c_{i3}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,56a_{i1} + 1,26a_{i2} + 0,56a_{i3})x_i$.

14. Витамины B1, B2, B6, PP и C балансируются в соответствии с энергозатратами на 1000 ккал, поэтому количество j -го витамина $V_j = \sum_{i=1}^n v_{ij}x_i = \sum_{i=1}^n k_{2j}(0,004a_{i1} + 0,009a_{i2} + 0,004a_{i3})x_i$, $j = \overline{2,6}$, откуда $\sum_{i=1}^n [0,001k_{2j}(4a_{i1} + 9a_{i2} + 4a_{i3}) - v_{ij}]x_i = 0$, $j = \overline{2,6}$, где k_{2j} — требуемое содержание j -го витамина на 1000 ккал РП.

15. Другая часть витаминов учитывается в соответствии с нормами физиологической потребности человека: $V_{j1} \leq \sum_{i=1}^n v_{ij}x_i \leq V_{j2}$, $j = \overline{7,8}$, где $V_{j1}(V_{j2})$ — нижняя (верхняя) граница физиологической потребности организма в j -м витамине.

16. Витамин А. Потребность в витамине А (мг): α -ретинол — 0,4, β -каротин (провитамин А) — 3,6 (6 мг β -каротина эквивалентны 1 мг витамина А). Выражения, учитывающие потребность в витамине А, запишем с помощью коэффициентов $k_{i1} = 1$ и $k_{i1} = 1/6$, $i = \overline{1,n}$, если i -й продукт содержит α -ретинол и β -каротин соответственно. Для продуктов, не содержащих витамин (провитамин) А, данный коэффициент равен 0. Зависимость для α -ретинола имеет вид $\sum_{i=1}^n 1,2(k_{i1} - 1/6)v_{i1}x_i = 0,4$, для β -каротина (в ретиноловом эквиваленте) — $\sum_{i=1}^n 0,2(1 - k_{i1})v_{i1}x_i = 0,6$. Продукты, не содержащие витамин А, не учитываются, так как для них соответствующий параметр $v_{i1} = 0$: $\sum_{i=1}^n 1,2(k_{i1} - 1/6)v_{i1}x_i = 0,4$, $\sum_{i=1}^n 0,2(1 - k_{i1})v_{i1}x_i = 0,6$.

17. Витамин А: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах населения РФ [8]. Потребность в витамине А определена в количестве 900 мкг (в ретиноловом эквиваленте), в β -каротине — 5 мг. В ретиноловом эквиваленте зависимость потребности в α -ретиноле имеет вид $\sum_{i=1}^n 1,2(k_{i1} - 1/6)v_{i1}x_i = 0,9$ и в β -каротине — $\sum_{i=1}^n 0,2(1 - k_{i1})v_{i1}x_i = 5/6$.

18. Содержание минеральных веществ: $W_{j1} \leq \sum_{i=1}^n w_{ij}x_i \leq W_{j2}$, $j = \overline{1,j_5}$, где $W_{j1}(W_{j2})$ — нижняя (верхняя) граница физиологической потребности организма в j -м минерале.

18.1. Соотношение минеральных веществ: Ca:P — 1:(1,5–1,8) — $\sum_{i=1}^n 1,5w_{i1}x_i \leq \sum_{i=1}^n w_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n 1,8w_{i1}x_i$;
 Ca:Mg — 1:(0,5–0,6) — $\sum_{i=1}^n 0,5w_{i1}x_i \leq \sum_{i=1}^n w_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n 0,6w_{i1}x_i$.

18.2. Соотношение минеральных веществ: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах населения РФ [8]: Ca:P — 1:1 — $\sum_{i=1}^n w_{i1}x_i = \sum_{i=1}^n w_{i3}x_i, \sum_{i=1}^n (w_{i1} - w_{i3})x_i = 0$.

19. Допустимое значение *i*-го продукта питания: $n_{i1} \leq x_i \leq n_{i2}, i = \overline{1, n}$.

Целевые функции задачи. Обеспечение:

- максимально возможной калорийности РП: $\sum_{i=1}^n (4a_{i1} + 9a_{i2} + 4a_{i3})x_i \rightarrow \max$;
- минимально возможной стоимости продуктов питания: $\sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min$;
- минимально возможной массы продуктов питания: $\sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \min$.

Математическая модель многокритериальной задачи о диете будет иметь следующий вид.

Найти $\sum_{i=1}^n (4a_{i1} + 9a_{i2} + 4a_{i3})x_i \rightarrow \max$; $\sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min$; $\sum_{i=1}^n x_i \rightarrow \min$ и

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n 4a_{i1}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,6a_{i1} + 1,35a_{i2} + 0,6a_{i3})x_i, \\ \sum_{i=1}^n (2,2a_{i1} + 4,65a_{i2} + 2,2a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n 4a_{i3}x_i \leq \sum_{i=1}^n (2,6a_{i1} + 5,85a_{i2} + 2,6a_{i3})x_i, \\ \sum_{i=1}^n (1,2a_{i1} - 6,3a_{i2} + 1,2a_{i3})x_i \geq 0, \sum_{i=1}^n (a_{i5} - 0,55a_{i1})x_i = 0, \\ \sum_{i=1}^n (\alpha_{ij} - 0,01k_j a_{ij})x_i = 0, j = \overline{1, j_2}, \sum_{i=1}^n (3\alpha_{i1} - \alpha_{i5})x_i = 0, \sum_{i=1}^n (3\alpha_{i1} - \alpha_{i6})x_i = 0, \\ \sum_{i=1}^n (0,667a_{i2} - a_{i7})x_i \geq 0, \sum_{i=1}^n [0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3} - \sum_{j=1}^j 9p_{ij}]x_i \geq 0, \\ \sum_{i=1}^n (0,12a_{i1} + 0,27a_{i2} + 0,12a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=5}^6 9r_{ij}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,28a_{i1} + 0,63a_{i2} + 0,28a_{i3})x_i, \\ \sum_{i=1}^n (\sum_{j=5}^6 r_{ij} - \sum_{j=1}^j 0,5p_{ij})x_i \geq 0, \sum_{i=1}^n 6r_{i6}x_i \leq \sum_{i=1}^n r_{i5}x_i \leq \sum_{i=1}^n 10r_{i6}x_i, \\ \sum_{i=1}^n (0,24a_{i1} + 0,53a_{i2} + 0,24a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=5}^6 9r_{ij}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3})x_i, \\ \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3} - 9r_{i7})x_i = 0, \\ \sum_{i=1}^n 5r_{i6}x_i \leq \sum_{i=1}^n r_{i5}x_i \leq \sum_{i=1}^n 10r_{i6}x_i, \sum_{i=1}^n (0,2a_{i3} - c_{i2})x_i \geq 0, \\ \sum_{i=1}^n (0,4a_{i1} + 0,9a_{i2} + 0,4a_{i3} - 4c_{i2})x_i \geq 0, \sum_{i=1}^n (c_{i1} + c_{i3} - 0,8a_{i3})x_i \geq 0, \\ \sum_{i=1}^n (0,44a_{i1} + 0,99a_{i2} + 0,44a_{i3})x_i \leq \sum_{i=1}^n c_{i3}x_i \leq \sum_{i=1}^n (0,56a_{i1} + 1,26a_{i2} + 0,56a_{i3})x_i, \\ \sum_{i=1}^n [0,001k_{2j}(4a_{i1} + 9a_{i2} + 4a_{i3}) - v_{ij}]x_i = 0, j = \overline{2, 6}, \sum_{i=1}^n 1,2(k_{1i} - 1/6)v_{i1}x_i = 0, 4, \\ \sum_{i=1}^n 0,2(1 - k_{1i})v_{i1}x_i = 0, 6, V_{j1} \leq \sum_{i=1}^n v_{ij}x_i \leq V_{j2}, W_{j1} \leq \sum_{i=1}^n w_{ij}x_i \leq W_{j2}, j = \overline{1, j_5}, \\ \sum_{i=1}^n 1,5w_{i1}x_i \leq \sum_{i=1}^n w_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n 1,8w_{i1}x_i, \sum_{i=1}^n 0,5w_{i1}x_i \leq \sum_{i=1}^n w_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n 0,6w_{i1}x_i, n_{i1} \leq x_i \leq n_{i2}, i = \overline{1, n}. \end{array} \right.$$

Применение многокритериальной задачи о диете на примере разработки рациона питания для военнослужащих.

Для рассмотренной задачи в общем случае множество Паретто найти не удастся, поэтому ее решение выполняется путем перехода к одной целевой функции и перевода остальных в систему ограничений задачи. Может быть рассмотрено три частных задачи.

1. *Целевая функция — стоимость РП.* Энергетическая ценность РП должна обеспечивать баланс питания первого уровня, то есть $\sum_{i=1}^n (4a_{i1} + 9a_{i2} + 4a_{i3})x_i = Q_0$. Масса продуктов питания пайка, как правило, рассматривается в случае рациона питания, выдаваемого в отсутствие котлового довольствия. Поэтому данное ограничение из рассмотрения можно исключить.

2. *Целевая функция — калорийность РП.* Стоимость РП переводится в систему ограничений задачи. Условие по возможной массе продуктов питания пайка исключается по указанной выше причине. Данная задача является актуальной в случаях, когда необходимо ответить на вопрос: «Какую максимально возможную калорийность РП можно обеспечить при заданном ассортименте продуктов питания?»

3. *Целевая функция — масса РП.* Калорийность и стоимость пайка являются ограничениями задачи. Основное назначение задачи заключается в нормировании рациона питания, выдаваемого военнослужащим при отсутствии котлового довольствия.

Решение задач 1–3 выполняется методами линейного программирования [3] с учетом некоторых их особенностей.

Для учета отдельных продуктов питания, например яйца куриного, необходимо вводить целочисленные переменные, при этом яйцо куриное имеет 5 категорий, отличающихся друг от друга по стоимости и массе. Кроме того, РП обосновывается, как правило, на сутки. Так как число яиц, выдаваемых в течение недели, может быть 1, 2, ..., 7 и т. д., то соответствующая переменная задачи является дискретной, принимая значения 1/7, 2/7, 3/7, ..., 6/7, 1, Другим способом учета данного продукта питания является введение непрерывной переменной, обозначающей его массу.

Наличие в системе условий ограничений-равенств значительно осложняет поиск оптимального решения, поэтому целесообразным шагом представляется замена имеющихся равенств-ограничений соответствующими неравенствами. Данная операция может быть выполнена двумя путями, первый из которых заключается в применении фиктивных переменных задачи [3]. Второй путь — введение интервалов допустимого изменения количества тех или иных пищевых веществ. Возможность применения данного способа основывается на том обстоятельстве, что величины пищевых веществ, представленные в нормах, носят групповой характер. Показатели индивидуального потребления имеют нормально распределение, то есть потребности 95 % военнослужащих находятся в пределах двух стандартных отклонений от средней величины потребности. Указанный интервал может быть выбран и на основе имеющихся критериев для расчета вероятностного риска недостаточного потребления пищевых веществ [8], например для условия «низкий риск» или «нет риска», можно также учитывать и верхний допустимый уровень потребления пищевых веществ.

Приведенная математическая модель записана в общем виде, что позволяет при необходимости учитывать дополнительные микронутриенты продуктов питания (например, витамины, минеральные вещества) или исключать отдельные нормы содержания пищевых веществ.

Применение предлагаемой модели рассмотрим на примере РП военнослужащих по норме 1 [9]. Результаты моделирования данного РП по состоянию на 24.11.2021 приведены в табл. 1. Сравнительный анализ содержания и баланса макронутриентов и микронутриентов РП выполнен в табл. 2. Рассчитаем полученный годовой экономический эффект. Стоимость одного ПП снижена на 0,86 руб. Количество лиц, обеспечиваемых ПП по норме 1 в течение года, составляет более 20 000. Следовательно, минимальная величина годового эффекта составляет $\Delta = 0,86 \times 20\,000 \times 365 = 6\,278\,000$ руб.

Рацион питания по норме 1 и полученный вариант РП по состоянию на 24.11.2021

Рацион питания по норме 1 (РП-1)			Результаты моделирования РП-1	
Продукты	Количество продукта	Цена, руб.	Переменная задачи (диапазон ее изменения)	Вариант РП
1. Хлеб из смеси муки ржаной и пшеничной 1-го сорта, г	250	0,53	x_1 (130–300)	290
2. Хлеб из муки пшеничной высшего сорта, г	70	0,14	x_2 (50–100)	100
3. Булочка из муки пшеничной высшего сорта, г	160	0,82	x_3 (80–180)	80
4. Мука пшеничная 1-го сорта, г	15	0,01	x_4 (10–20)	20
5. Крупа разная, г	110	0,26	x_5 (50–140)	140
6. Макароны изделия, г	35	0,10	x_6 (20–80)	80
7. Мясо (говядина, свинина), г	100	0,88	x_7 (50–150)	50
8. Мясо птицы, г	100	0,53	x_8 (40–150)	127
9. Рыба без головы, г	100	0,37	x_9 (50–150)	50
10. Масло растительное подсолнечное, мл	35	0,20	x_{10} (15– 40)	40
11. Масло коровье, г	30	0,37	x_{11} (20–40)	34
12. Молоко коровье, кефир, мл	100	0,16	x_{12} (100–200)	100
13. Сметана, г	10	0,06	x_{13} (10–30)	10
14. Творог, г	20	0,14	x_{14} (10–50)	50
15. Сыр сычужный твердый, г	15	0,26	x_{15} (10–20)	17
16. Яйцо куриное, шт. (2-й категории)	1	0,26	x_{16} (45–50)	50
17. Сахар, г	60	0,11	x_{17} (30–70)	60
18. Соль поваренная пищевая, г	20	0,01	–	20
19. Чай, г	2	0,08	–	2
20. Лавровый лист сухой, г	0,2	0,02	–	0,2
21. Перец молотый, г	0,3	0,03	–	0,3
22. Горчица или хрен столовые, г	5	0,05	–	5
23. Уксус, г	2	0,00	–	2
24. Томатная паста (кетчуп), г	6 (9)	0,04	–	6 (9)
25. Овощи свежие, г:	835	–	–	645
25.1. картофель	550	0,65	x_{18} (400–600)	400
25.2. капуста	100	0,12	x_{19} (100–120)	100
25.3. свекла	40	0,04	x_{20} (40–60)	40
25.4. морковь	40	0,05	x_{21} (30–60)	30
25.5. лук	60	0,07	x_{22} (40–70)	40
25.6. огурцы, помидоры, кабачки, щавель, редис	40	0,17	x_{23} (30–60)	30
25.7. зелень укропа, петрушки, сельдерея	5	0,14	x_{24} (5–10)	5
26. Концентрат киселя (фрукты сушеные), г	30 (20)	0,25	x_{25} (20–30)	20
27. Фрукты свежие, г	50	0,10	x_{26} (50–70)	50
28. Соки плодовые и ягодные, мл	50	0,14	x_{27} (40–80)	40
Итого		7,22	–	6,36

Таблица 2

Сравнительный анализ содержания и баланса макро- и микронутриентов рационов питания

Питательные вещества и их характеристика	Норма		РП-1		Вариант РП	
	теория рационального питания	Республика Беларусь	масса	%	масса	%
Белки, г	–	–	124	–	124	–
Белки ж от всех белков, г	55 %	55 %	56	45	51	41,1
Калорийность белков от РП	10–15 %	10–15 %	–	12,6	–	12,6
Жиры, г	–	–	133	–	133	–
Жиры ж, г	–	–	72	–	73	–
Жиры р от всех жиров, г	≥ 30 %	≥ 33 %	61	45,9	60	45,1
Калорийность жиров от РП	≤ 30 %	≤ 30 %	–	30,5	–	30,5
Углеводы, г	–	–	558	–	559	–
Калорийность углеводов от РП	55–65 %	55–65 %	–	56,9	–	56,9
Соотношение по массе б:ж:у	1:1,1:4,8	1:1:4	1:1,07:4,5	–	1:1,07:4,5	–
Са, мг	800–1000	1000	924,7	–	924	–
Mg, мг	300–500	400	542,7	–	542	–
P, мг	1000–1500	800	2252	–	2285	–
A, мг	1,5–2,5	0,9	1,24	–	1,1	–
B ₁ , мг	1,5–2,0	1,5	3,66	–	3,7	–
B ₂ , мг	2,0–2,5	1,8	3,59	–	2,9	–
PP, мг	15–25	20	36,59	–	36	–
C, мг	50–70	90	228,9	–	190	–
Калорийность РП, ккал			3925	–	3929	–
Стоимость РП без вкусовых продуктов 18–24, руб.			6,98	–	6,12	–
Стоимость РП, руб.			7,22	–	6,36	–

Примечание: б:ж:у — соотношение белков, жиров, углеводов РП по массе соответственно.

Заключение.

Таким образом, рассмотренная задача представляет развитие классической задачи исследования операций — задачи о диете. Частные математические модели задач (1)–(3), рассматриваемые при решении многокритериальной задачи, являются моделями идеального РП, то есть такого, для которого выполняются все нормы потребления пищевых веществ и энергии и определяются оптимальные значения количества продуктов питания. Разработка РП при этом выполняется при заданном ассортименте продуктов питания. В товароведении ассортимент продуктов питания, обеспечивающий выполнение всех имеющихся требований, называется оптимальным [10], что и имеет место в указанных выше задачах. Однако с математической точки зрения ассортимент продуктов питания является оптимальным в случае его минимизации при одновременном выборе количества продуктов. Тем не менее данная задача должна рассматриваться дополнительным образом.

Литература:

1. Карлин, С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике / С. Карлин. — М.: Изд-во Мир, 1964 г. — 839 с.
2. Уваров, О. П. Войсковое питание: Учеб. / О. П. Уваров, В. П. Солодуха, И. М. Бузник и др.; под общ. ред. И. Д. Исаенко. — М.: Воен. изд. МО СССР, 1977. — 366 с.
3. Волков, И. К. Исследование операций: Учеб. / И. К. Волков, Е. А. Загоруйко; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. — 434 с.
4. Зайковский, М. П. Оптимизация показателей качества продовольственных пайков / М. П. Зайковский, Н. И. Лисейчиков // Наука и военная безопасность. — 2012. — № 2. — С. 49–54.

5. Лисейчиков, Н. И. Оптимизация продовольственных пайков / Н. И. Лисейчиков, Е. Л. Сименков // Наука и военная безопасность. — 2017. — № 3. — С. 33–36.
6. Лисейчиков, Н. И. Военная логистика / Н. И. Лисейчиков. — Минск: ГУ «НИИ ВС РБ»; Колорград, 2020. — 452 с.
7. Мартинчик, А. Н. Общая нутрициология: Учеб. пособие / А. Н. Мартинчик. — М.: МЕДпресс-информ, 2005. — 392 с.
8. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 36 с.
9. Об установлении норм обеспечения продовольствием в Вооруженных Силах и порядке их применения: приказ Министра обороны Респ. Беларусь от 8 декабря 2017 г. № 1950.
10. Кривчиков, В. В. Технология и товароведение пищевых продуктов: Учеб. пособие / В. В. Кривчиков, Г. И. Голуб, М. П. Зайковский и др.; под ред. В. М. Кривчикова. — Гродно: ГрГУ, 2011. — 326 с.

УДК 656.078

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК КАК КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

DIGITAL TRANSFORMATION OF RAIL FREIGHT TRANSPORTATION AS A KEY FACTOR IN INCREASING EFFICIENCY

А. А. Хорошевич,

преподаватель кафедры экономики и логистики Белорусского национального технического университета, начальник УП «Минское отделение Белорусской железной дороги», канд. экон. наук, г. Минск, Республика Беларусь

A. Khoroshevich

Lecturer of the Department of Economics and Logistics of the Belarusian National Technical University, Chief of the Unitary Enterprise "Minsk Department of the Belarusian Railway", PhD in Economics, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 27.12.2021.

В статье проведено исследование эффективности организации грузовых железнодорожных перевозок в различных странах, сопровождающееся их разделением на четыре основные группы и выделением цифровой трансформации в качестве ключевого направления повышения эффективности. В развитии исследования рассмотрены основные аспекты цифровизации национальной железной дороги и определены ключевые виды эффектов, сопровождающих данный процесс.

The article examines the efficiency of organizing freight rail transportation in various countries, which is accompanied by their division into four main groups and highlighting digital transformation as a key area for increasing efficiency. In the development of the study, the main aspects of digitalization of the national railway are considered and the key types of effects that accompany this process are identified.

Ключевые слова: цифровые технологии, железная дорога, организация грузоперевозок, эффективность перевозок.

Key words: digital technologies, railway, organization of cargo transportation, efficiency of transportation.

Введение.

Ускоренное развитие всех сфер экономики в последние три десятилетия и постоянное совершенствование процессов управления привели к значительным изменениям в условиях функционирования железнодорожного транспорта и существенному ужесточению конкурентной среды. Преобразование глобальных цепочек поставок сделало логистический бизнес более сложным ввиду растущих

запросов клиентов на быстрые, качественные и недорогие поставки. В отмеченных условиях железнодорожные грузовые перевозки столкнулись с существенной конкуренцией со стороны грузового автомобильного транспорта, имеющего более широкие возможности, обусловленные использованием революционных технологий, в том числе внедрением современных цифровых продуктов, обеспечивающих отслеживание грузов и постоянное взаимодействие с перевозчиками. Кроме того, развитие кризисных событий в мировой экономике привело к сокращению государственных инвестиций в железнодорожный транспорт, что явилось сдерживающим фактором для развития инфраструктуры и обеспечения быстрых перевозок.

В представленных обстоятельствах особую актуальность приобрела проблема реализации мероприятий, направленных на повышение эффективности железнодорожных перевозок и рост конкурентоспособности данного вида транспорта на логистическом рынке. Одновременно во многих сферах деятельности начали широко использоваться цифровые технологии, а также возникли соответствующие научные исследования и практика внедрения цифровых инструментов в работу различных видов транспорта (в том числе железнодорожного). Так, вопросы цифровой трансформации на транспорте рассматривались в научных трудах таких белорусских ученых, как И. А. Еловой [1], Р. Б. Ивуть [2] и Т. В. Пильгун [3]. С учетом отмеченного основной целью исследования, проведенного в рамках статьи, стало изучение эффективности работы железнодорожного транспорта при осуществлении грузовых перевозок и обоснование необходимости цифровизации железной дороги как основной составляющей обеспечения конкурентоспособности.

Эффективность организации грузовых железнодорожных перевозок в условиях глобальной конкуренции.

Наблюдаемые в настоящее время процессы глобализации, а также ужесточение конкурентной борьбы на рынке грузовых перевозок в значительной степени влияют на эффективность работы железнодорожного транспорта, в особенности в странах, реализующих социально направленную политику, которая фактически не позволяет обеспечивать положительную рентабельность пассажирских перевозок. Лояльное предложение со стороны автомобильных грузоперевозчиков обуславливает сокращение объемов перевозок и соответствующее падение получаемой выручки. Однако даже при практически равных негативных тенденциях развития рассматриваемого сегмента транспортной отрасли в ряде европейских стран часть из них обеспечивают высокий уровень эффективности осуществляемых грузовых перевозок, что наглядно видно при анализе рис. 1.

Итак, представленный рис. 1 отражает величину полученной в 2019 г. выручки от перевозки грузов железнодорожным транспортом на 1 нетто т-км перевозок в ряде стран ЕС, а также в Республике Беларусь и Российской Федерации [4, 5, 6]. Исследуемый период (2019 г.) был определен исходя из наиболее актуальных данных и одновременного значительного влияния на результирующие показатели 2020 г. последствий распространения коронавирусной инфекции и их соответствующей высокой субъективности, а следовательно, невозможности использования для анализа. В рамках анализируемого показателя стоит отметить наиболее эффективное функционирование железной дороги в Великобритании (выручка от работы железной дороги в 2019 г. составила 5,07 евроцента на 1 нетто т-км), Австрии (выручка от работы железной дороги в 2019 г. составила 4,79 евроцента на 1 нетто т-км) и Германии (выручка от работы железной дороги в 2019 г. составила 4,40 евроцента на 1 нетто т-км). Одновременно Республика Беларусь и Российская Федерация вошли в группу стран с наиболее низкой эффективностью (менее 2,50 евроцента на 1 нетто т-км), при этом для Республики Беларусь показатель выручки на 1 нетто т-км составил 2,37 евроцента, что несколько выше, чем у Латвии (2,04 евроцента на 1 нетто т-км), и несколько ниже, чем у Эстонии (2,54 евроцента на 1 нетто т-км) и Литвы (2,59 евроцента на 1 нетто т-км).

Стоит подчеркнуть, что обеспечение эффективности для национальных железнодорожных систем рассматриваемых стран производилось в различных рыночных условиях: так, если в одних странах ужесточение конкуренции на рынке логистических услуг привело к падению емкости рынка грузовых железнодорожных перевозок, то в других это вызвало лишь сокращение темпов роста рынка, а в третьих вовсе не вызвало никаких изменений. В данных условиях автору статьи видится

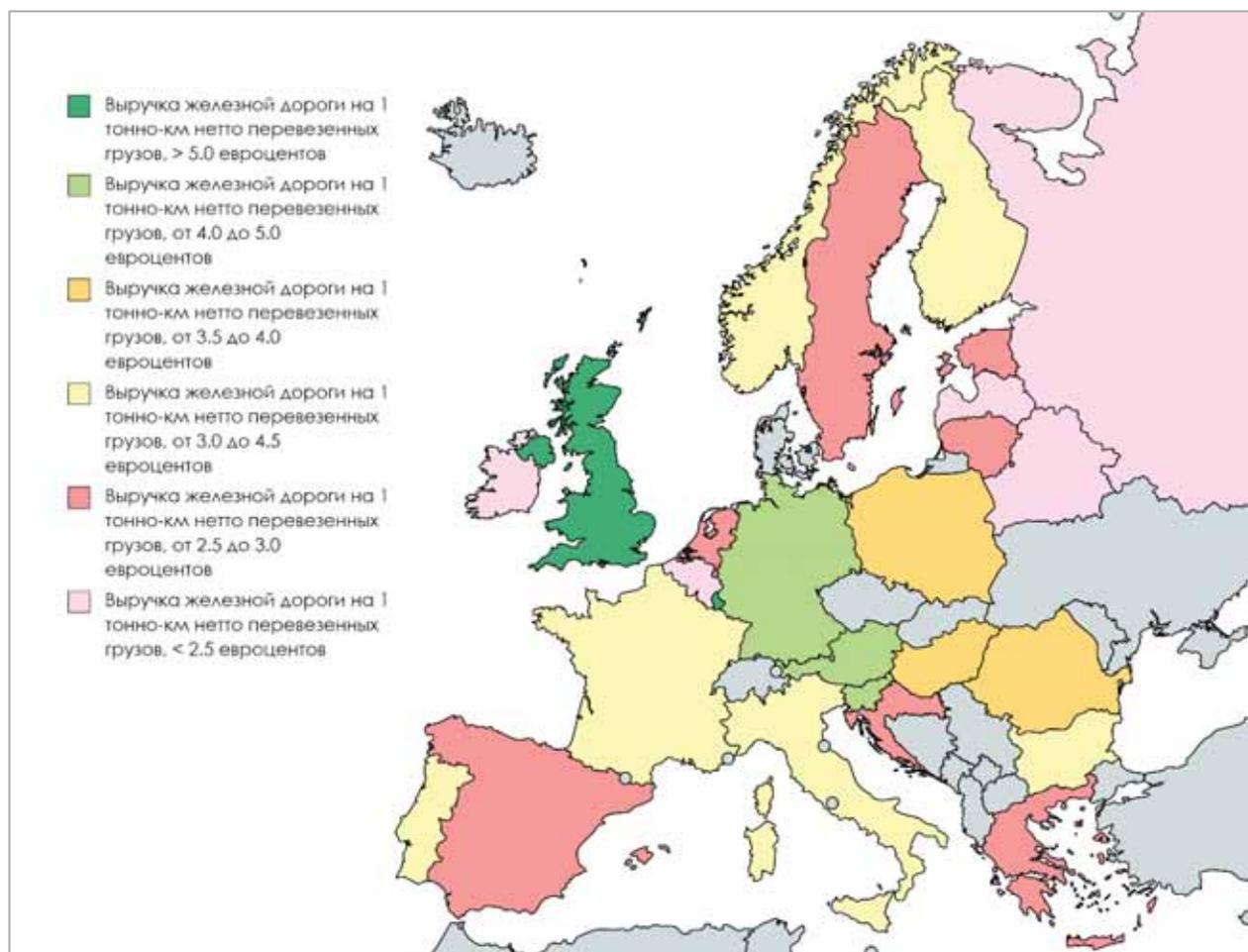


Рис. 1. Распределение стран Европы по уровню удельной выручки от перевозки грузов железнодорожным транспортом

правильным рассмотрением эффективности работы грузового железнодорожного транспорта в совокупности с оценкой темпов роста рынка. С этой целью в границах исследования было произведено построение матрицы, схожей с распространенной в маркетинговой среде матрицей BCG (матрицей Бостонской консультативной группы), в рамках которой для оценки конкурентоспособности отдельных видов бизнеса используются два критерия: темп роста отраслевого рынка и относительная доля рынка. При этом для оценки рынка железнодорожных грузовых перевозок в качестве таких критериев выступили: средний темп роста отраслевого рынка в 2015–2019 гг. и размер выручки от перевозки грузов на 1 нетто т-км грузовых перевозок [4, 5, 6]. Построенная матрица отражена на рис. 2, наименования рядов матрицы представлены международным вариантом сокращений для названий стран.

В рамках выстроенной матрицы все рассматриваемые страны фактически были разделены на четыре группы:

- страны, в которых работа железнодорожного грузового транспорта характеризуется низким уровнем эффективности (ниже 3,00 евроцента на 1 нетто т-км) при наблюдаемом росте емкости рынка, — квадрант I;
- страны, в которых работа железнодорожного грузового транспорта характеризуется высоким уровнем эффективности (выше 3,00 евроцента на 1 нетто т-км) при наблюдаемом росте емкости рынка, — квадрант II;
- страны, в которых работа железнодорожного грузового транспорта характеризуется высоким уровнем эффективности (выше 3,00 евроцента на 1 нетто т-км) при наблюдаемом сокращении емкости рынка, — квадрант III;

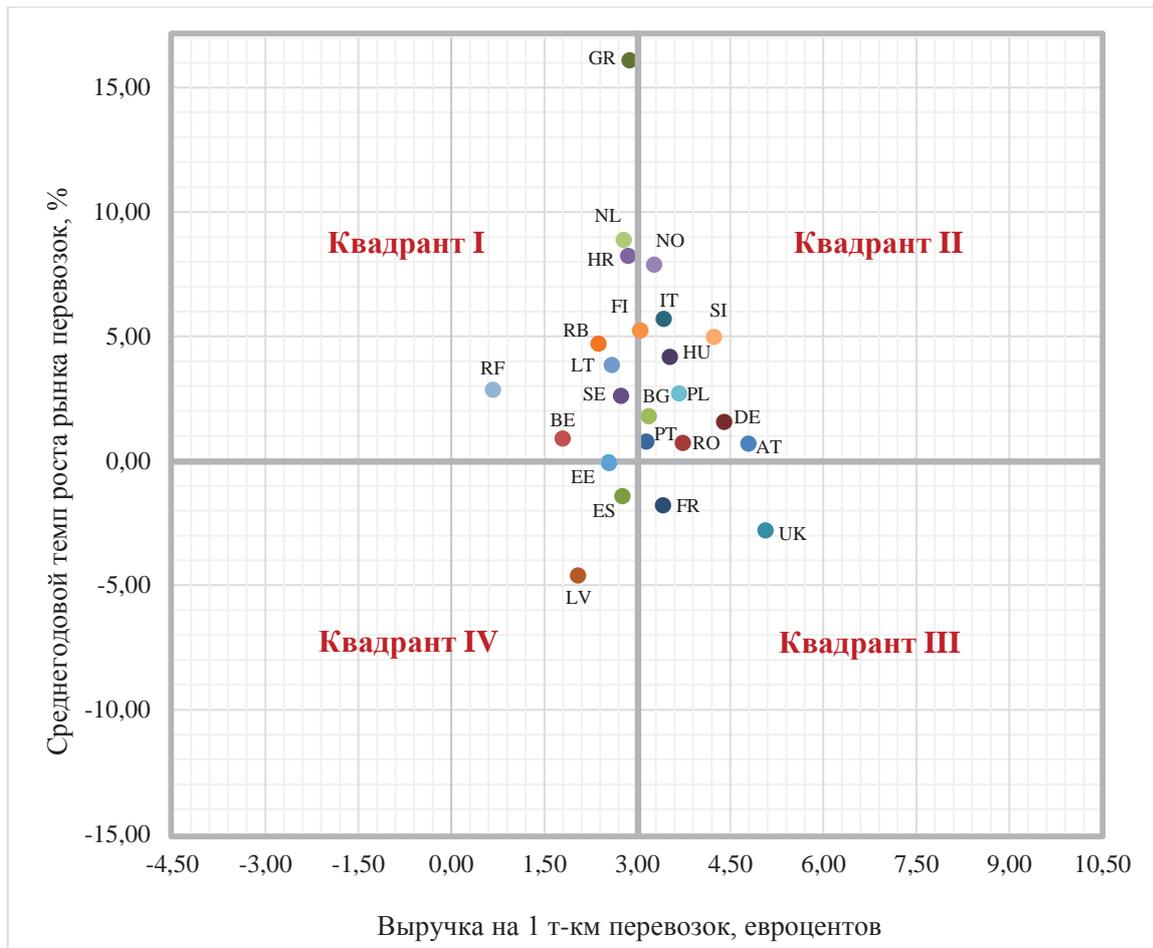


Рис. 2. Матрица эффективности работы железнодорожного транспорта в отдельных европейских странах

– страны, в которых работа железнодорожного грузового транспорта характеризуется низким уровнем эффективности (ниже 3,00 евроцента на 1 нетто т-км) при наблюдаемом сокращении емкости рынка, — квадрант IV.

Исходя из представленного разделения можно установить, что нахождение железнодорожного комплекса страны в квадранте I свидетельствует о плохо организованной системе управления и использовании традиционных технологий перевозок, которые на практике не дают возможности для реализации потенциала, раскрываемого стабильным ростом рынка. Размещение в квадранте II указывает на наиболее благоприятный вариант для развития железной дороги, в рамках которого стабильный рост рынка способствует поддержанию высокой эффективности грузовых перевозок, которая, в том числе, обуславливается наличием достаточных ресурсов для формирования новых конкурентных преимуществ. Установление факта принадлежности стран к квадранту III позволяет говорить о наиболее высокой адаптивности их железнодорожных перевозчиков, которые даже в условиях сокращения емкости рынка продолжают получать высокий уровень выручки и обеспечивать эффективность грузовых перевозок на уровне выше среднеевропейского. И, наконец, попадание в квадрант IV отражает наиболее неблагоприятный сценарий, характеризующий отсутствие у национальных железнодорожных перевозчиков достаточных финансовых и иных ресурсов для адекватного реагирования на вызовы внешней среды, обуславливающее установление недостаточно высокого уровня эффективности.

Для современного этапа развития Белорусской железной дороги установлена принадлежность к I квадранту, что позволяет сделать вывод о фактическом наличии некоторой упущенной выгоды, формирование которой является результатом недостаточной реализации возможностей, предоставляемых

рынком. Одновременно стоит отметить, что ресурсы национальной железной дороги ограничены, то есть повышение эффективности в условиях роста емкости рынка может быть произведено лишь в рамках направлений, позволяющих повысить пропускную способность и скорость доставки грузов. Исходя из отмеченного, можно однозначно установить необходимость поиска перспективных направлений развития железной дороги страны, обоснование которых можно произвести на основании анализа деятельности тех игроков рынка, которые действуют наиболее эффективно, причем как в условиях развития рынка в позитивном ключе, так и в негативном. В данном контексте автор статьи провел исследование основных изменений в работе железнодорожных компаний таких стран, как Великобритания и Франция (как положительных примеров эффективной работы в ухудшающихся условиях внешней среды), а также Австрия и Германия (как явных примеров высокоэффективной работы на растущих рынках).

В результате проведенного анализа было выявлено, что одним из основных направлений развития железных дорог Великобритании, Франции и Германии является внедрение в их деятельность новейших технологий путем реализации проектов по внедрению системы ERTMS (Европейская система управления трафиком), разработанной и определенной европейскими поставщиками сигнализации (UNISIG) и Европейскими железными дорогами и промышленностью GSM-R. ERTMS включает в себя 2 подсистемы [7]: ETCS (система сигнализации, контроля и защиты поездов, направленная на стандартизацию систем сигнализации и обеспечивающая безопасную эксплуатационную среду для движения поездов) и GSM-R (радиосистема, обеспечивающая передачу голоса и данных между диспетчером и поездом), в совокупности обеспечивающие возможность безопасного передвижения по всей европейской железнодорожной сети. Характеристика цифрового развития наиболее эффективно функционирующих национальных железнодорожных систем в рамках системы ERTMS представлена в табл. 1 [8].

Таблица 1

Характеристика цифрового развития наиболее эффективно функционирующих национальных железнодорожных систем в рамках системы ERTMS

Страна	Протяженность железнодорожных линий, оснащенных ETCS		Количество единиц подвижного состава, оснащенных GSM-R	
	ед.	место среди всех стран, оснащенных GSM-R	км	место среди всех стран, оснащенных ETCS
UK — Великобритания	2447	2	994	16
FR — Франция	714	7	7474	2
DE — Германия	2753	1	1752	9
AT — Австрия	680	8	1222	15

Из табл. 1 видно, что для стран, отличающихся высокой эффективностью функционирования железнодорожных перевозчиков в границах оказания логистических услуг, характерен высокий уровень цифровизации как железнодорожных линий, так и подвижного состава. Так, Германия и Великобритания занимают первое и второе место соответственно среди всех европейских стран, реализующих национальные проекты по внедрению ETCS. Франция одновременно занимает лидирующие позиции по количеству единиц подвижного состава, оснащенных GSM-R. Таким образом, можно сделать вывод, что для достижения цели повышения эффективности функционирования отечественной железной дороги важна ее цифровая трансформация (цифровизация). Цифровизация позволит сформировать условия для реализации принципиально нового подхода к развитию железнодорожных компаний, основой которого станет качественное сопровождение транспортных потоков и потоков денежных средств.

Основы цифровой трансформации грузового железнодорожного транспорта.

В научной литературе существует несколько подходов к определению сущности процесса цифровой трансформации (цифровизации). В данной статье за основу принят следующий подход:

цифровизация представляет собой комплекс процессов в экономике и обществе, заключающийся в массовом распространении технологий, основанных на использовании двоичного кода, что влечет за собой очевидные качественные изменения в организации технологического и социального порядка [9, с. 34]. Исходя из отмеченного, можно констатировать, что цифровая трансформация железной дороги предполагает проведение мероприятий по внедрению в ее деятельность цифровых технологий, предполагающих качественные изменения в системе управления.

Ядром внедрения цифровых технологий в работу железной дороги является полная автоматизация деятельности, предполагающая информационную и интеллектуальную интеграцию подвижных составов, систем управления движением, технических средств инфраструктуры и пользователей. В данном контексте речь идет о построении системы взаимоувязанных цифровых технологий, затрагивающих все области управления перевозочным процессом (как имеющийся подвижной состав, так и объекты железнодорожной инфраструктуры и систему организации перевозок) и фактически выступающих инструментами цифровизации. Под инструментами в данном случае понимаются средства, используемые для воздействия, создания или преобразования предмета (объекта), а также для достижения установленных задач.

Говоря об инструментах цифровой трансформации железнодорожной сферы, первоначально стоит упомянуть широко используемые информационные системы и базы данных, а также беспроводную связь, которые можно отнести к традиционным инструментам. Одновременно современный этап развития предлагает широкий спектр инновационных инструментов цифровизации, среди которых: Интернет вещей (в том числе искусственный интеллект), большие данные и аддитивные технологии, технологии связи и суперкомпьютерные технологии, технологии блокчейн и цифровое моделирование, облачные технологии и др. Характеристика ключевых инновационных инструментов цифровой трансформации железной дороги [9, 10, 11] отражена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика основных инструментов развития цифровой железной дороги

Наименование инструмента	Характеристика инструмента
Интернет вещей	Под Интернетом вещей понимается сеть, складывающаяся из физических предметов, способных контактировать друг с другом и с внешней средой без вовлечения человека. Использование Интернета вещей позволяет автоматизировать процессы и минимизировать участие человека в отдельных операциях
Большие данные	Большие данные — совокупность данных огромных объемов и значительного многообразия, обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами. В сущности, использование больших данных подразумевает работу с информацией в целях увеличения эффективности бизнес-процессов и повышения конкурентоспособности
Интеллектуальные информационные технологии	Под интеллектуальными информационными технологиями понимают технологии, способные обрабатывать различные данные с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. Повышение эффективности в данном случае происходит за счет быстрого решения отдельных типовых задач, а также способности ИИ к саморазвитию
Облачные технологии	Облачные технологии — технологии обработки цифровых данных, с помощью которых компьютерные ресурсы предоставляются интернет-пользователю как онлайн-сервис. Использование облачных технологий обеспечивает безопасность и организационный контроль над данными при простоте их использования
Блокчейн	Блокчейн — многофункциональная и многоуровневая технология, предназначенная для надежного учета различных активов за счет построения распределенной базы данных, в рамках которой устройства хранения данных не подключены к общему серверу, а представлены в виде постоянно растущего списка упорядоченных записей

Представленные инновационные инструменты цифровой трансформации способствуют автоматизации бизнес-процессов и интеграции всех потоков данных в рамках формирования новой цифровой

модели железной дороги. Так, Интернет вещей вносит свой вклад в высокоинтегрированные решения, удобные для управления подвижными составами, что предоставляет возможность отслеживания грузов до момента их полной доставки в нужное место в указанное время. Big Data позволяет анализировать информацию, оптимизировать деятельность и цепочки поставок, а также обеспечивать сквозную видимость для инвентаризации, заказов и поставок. Революционные коммуникации (5G, LTE) и облачная инфраструктура (бэкэнд) предлагают оптимальные решения для обработки больших объемов данных и сокращения громоздкости железнодорожной инфраструктуры. Интеллектуальные системы мониторинга и наблюдения изменяют подходы к управлению операторами, железнодорожными переездами и поведением машинистов.

Включение цифровой составляющей в каждую из отмеченных ранее областей управления (подвижной состав, железнодорожная инфраструктура и система организации перевозок) приводит к возникновению конкретных эффектов. Применение новейших научных достижений в области автоматизации, самодиагностики и отслеживания подвижных составов позволяет обеспечить рост безопасности и улучшение качественных характеристик грузовых перевозок. Использование современных датчиков и устройств на железнодорожной сети открывает новые возможности для обнаружения на пути следования препятствий и повреждений, организации профилактического обслуживания, а также установления связи с другими системами, государственными учреждениями и поставщиками логистических услуг. Внедрение цифровых технологий в систему управления и организации перевозок способствует повышению надежности и производительности операций. В совокупности все вышеотмеченное формирует цифровые способы повышения эффективности отечественных грузовых железнодорожных перевозок (рис. 3).

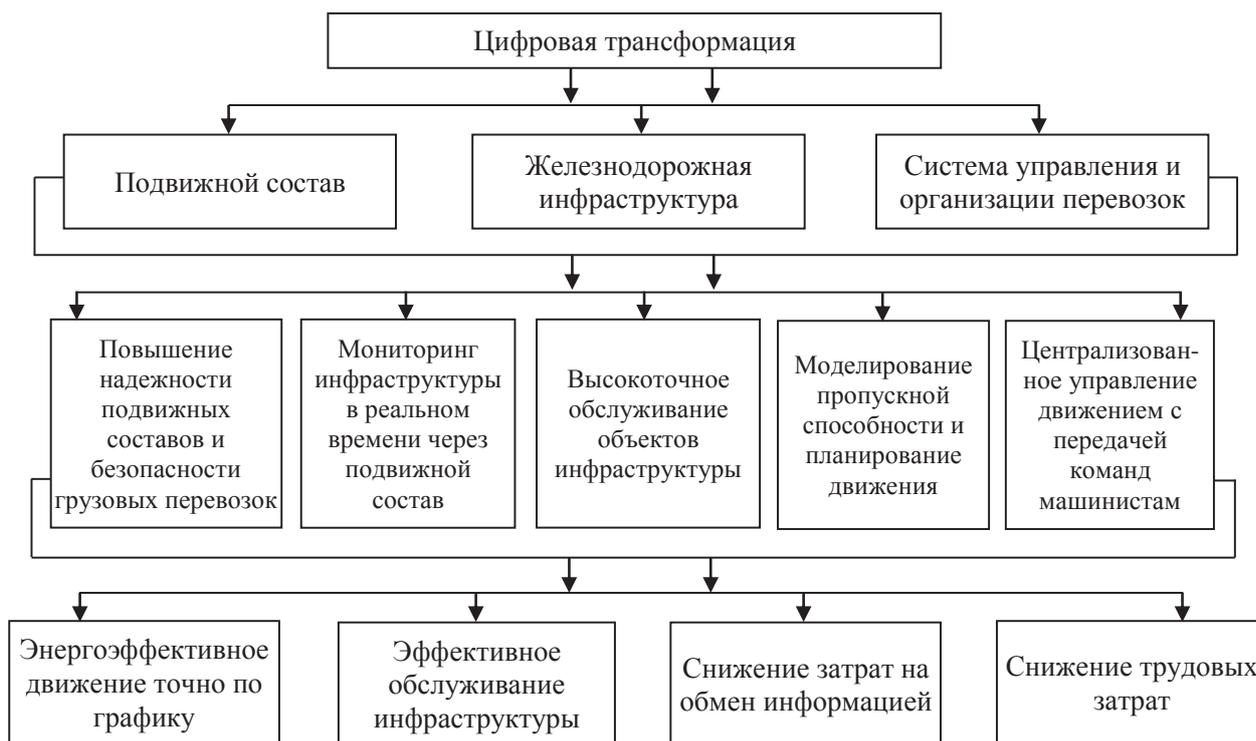


Рис. 3. Цифровые способы повышения эффективности отечественных грузовых железнодорожных перевозок

Итак, цифровая трансформация всех элементов управления грузовыми перевозками на железнодорожном транспорте будет способствовать обеспечению мониторинга инфраструктуры в реальном времени, высокоточному обслуживанию объектов инфраструктуры, а также повышению надежности подвижных составов и безопасности грузовых перевозок. При этом будет организовано централизованное управление движением с возможностью моделирования пропускной способности и планирования цепочек поставок. В результате отмеченного будет наблюдаться снижение эксплуатацион-

ных затрат за счет минимизации расходов на обмен информацией и рационализации состава трудовых ресурсов, а также рост эффективности в результате грамотного обслуживания объектов инфраструктуры и организации энергоэффективного движения точно по графику.

Заключение.

В целом результаты проведенного исследования позволяют однозначно определить, что цифровая трансформация в настоящее время выступает в качестве ключевого фактора роста эффективности железнодорожных грузовых перевозок. Именно использование новейших цифровых технологий позволяет национальным железным дорогам развитых стран обеспечить высокоэффективное функционирование даже в условиях явного падения емкости рынка за счет перераспределения спроса в сторону автомобильных перевозчиков. Цифровое развитие предоставляет им уникальную возможность не только оставаться актуальными, но и увеличивать свою долю на общем рынке логистики и выступать неотъемлемой составляющей перехода к устойчивым грузовым перевозкам.

Литература:

1. Еловой, И. А. Формирование транспортной политики Республики Беларусь в Едином экономическом пространстве: монография / И. А. Еловой [и др.]; под общ. ред. О. С. Булко. — Минск: Беларуская навука, Ин-т эканомікі, 2014. — 193 с.
2. Ивуть, Р. Б. Логистика: модели и методы: Учеб. пособие / П. В. Попов, И. Ю. Мирецкий, Д. В. Гудков, Р. Б. Ивуть, В. Е. Хартовский, Н. А. Гальцева. — Волгоград: Сфера, 2022. — 192 с.
3. Пильгун, Т. В. Перспективы цифрового взаимодействия видов транспорта в логистических цепях поставок / Т. В. Пильгун / Тихомировские чтения: синергия технологии перевозочного процесса: материалы международной научно-практической конференции, Гомель, 10–11 декабря 2020 г. / под общ. ред. А. А. Ерофеева. — Гомель: УО «БелГУТ», 2021. — С. 304–308.
4. Market Monitoring [Электронный ресурс] // IRG-rail. — Режим доступа: <https://www.irg-rail.eu/irg/documents/market-monitoring>. — Дата доступа 01.12.2021.
5. Годовой отчет [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «БЖД». — Режим доступа: https://www.rw.by/corporate/belarusian_railway/annual_report/. — Дата доступа 01.12.2021.
6. Отчетность компании [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «РЖД». — Режим доступа: <https://company.rzd.ru/ru/9471>. — Дата доступа 01.12.2021.
7. ERTMS in brief [Электронный ресурс] // ERTMS. — Режим доступа: <https://www.ertms.net/about-ertms/ertms-in-brief/>. — Дата доступа 01.12.2021.
8. Deployment Statistics [Электронный ресурс] // ERTMS. — Режим доступа: <https://www.ertms.net/facts-figures/deployment-statistics/>. — Дата доступа 01.12.2021.
9. Larin, O. N. Transformation of the market of transport and logistics services in the context of the digitalization of the economy / O. N. Larin, V. P. Kupriyanovsky // International Journal of Information Technologies. — 2018. — No. 5. — P. 31–35.
10. Крюкова, А. А. Инструменты цифровой экономики / А. А. Крюкова, Ю. А. Михаленко // Карельский научный журнал. — 2017. — № 3 (20). — С. 108–111.
11. Левин, Б. А. Цифровая железная дорога: принципы и технологии / Б. А. Левин, В. Я. Цветков // Мир транспорта. — 2018. — Т. 16. — № 3. — С. 50–61.

УДК 339.565:656.135(476)

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ТРАНЗИТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

DYNAMICS ANALYSIS FOR ROAD FREIGHT TRANSIT TRANSPORTATION IN THE TRANSPORT COMPLEX OF THE REPUBLIC OF BELARUS

А. С. Зиневич,

старший преподаватель кафедры «Экономика и логистика» Белорусского национального технического университета, магистр экон. наук, г. Минск, Республика Беларусь

A. Zinevich,

Senior Lecturer of the Department of Economics and Logistics of the Belarusian National Technical University, MSc in Economics, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 20.04.2022.

В статье исследована проблематика анализа динамики транзитных автомобильных перевозок грузов в Республике Беларусь. Представлены результаты ретроспективного анализа рынка международных грузоперевозок автомобильным транспортом в транзитном сообщении в 2016–2020 гг. Выявлены оценочные факторы для диагностирования уровня эффективности транзитных грузоперевозок, которые систематизированы в рамках предлагаемой авторской методики.

The article deals with the problem of dynamics analysis for road freight transit transportation in the Republic of Belarus. The results are given for retrospective analysis of the international freight transportation market by road transport within transit traffic in 2016–2020. The estimating factors are revealed for giving a diagnosis of the efficiency level for freight transit transportation, which are systematized within a proposed author's method.

Ключевые слова: транспортный комплекс, транзитная автомобильная перевозка, объем перевозок, количество поездок, транзитный потенциал, транзитная привлекательность, оценка эффективности, методика.

Key words: transport complex, road transit transportation, volume of transportation, number of trips, transit capacity, transit attractiveness, efficiency estimation, method.

Введение.

В современной рыночной экономике многие страны мира, обладающие требуемыми ресурсными условиями в виде выгодного экономико-географического расположения, наличия развитой транспортной и логистической инфраструктуры на их территории, становления научных школ в области транспортной логистики, стремятся эффективно использовать свой транзитный потенциал и повысить транзитную привлекательность для субъектов регионального и мирового рынка. Развитие транзитных перевозок в государстве оказывает многоаспектное позитивное воздействие на его национальную экономику: наряду с прямыми валютными поступлениями от осуществления транспортно-логистической деятельности стимулируется развитие целого ряда сфер сопутствующих услуг: общественное питание, торговля, автосервис, гостиничный бизнес. Проблематику оценки эффективности транзитных сообщений раскрывают в своих трудах отечественные ученые: Р. Б. Ивуть, П. Г. Никитенко, Д. М. Антюшеня, А. А. Косовский, Т. М. Косовская и др. Частная задача по анализу динамики транзитных грузовых перевозок, осуществляемых в Республике Беларусь автомобильным транспортом, является предметом настоящей публикации. В качестве анализируемого периода выбраны годы реализации в стране Республиканской программы развития логистической системы и транзитного потенциала на 2016–2020 гг.

Грузовой автомобильный транспорт традиционно имеет стратегически важное значение в процессе развития транспорта как вида экономической деятельности в Республике Беларусь. Количественные результаты функционирования транспортного комплекса страны в целом и его грузовой автотранспортной подсистемы в частности отражены в табл. 1.

Вклад подсистемы грузового автомобильного транспорта в развитие транспортного комплекса Республики Беларусь в 2016–2021 гг. [1]

Показатель	Значения по годам					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Объем перевозок грузов (тыс. т), всего:	417 643	439 471	455 503	427 849	398 678	384 896
в т. ч. автотранспорт	162 579	166 671	170 876	161 686	159 785	154 804
удельный вес, %	38,9	37,9	37,5	37,8	40,1	40,2
Грузооборот (млн т-км), всего:	125 820	133 348	138 838	130 842	123 158	118 776
в т. ч. автотранспорт	25 239	26 987	28 082	28 516	28 778	29 594
удельный вес, %	20,1	20,2	20,2	21,8	23,4	24,9

В динамике объема грузовых перевозок в Республике Беларусь в целом по транспортному комплексу и на автомобильном транспорте в частности наблюдается схожая тенденция: начиная с 2019 г. имеет место снижение количества перевозимых грузов, которое с 2020 г. в непосредственной мере связано с проявлением последствий мировой пандемии коронавирусной инфекции COVID-19. По результатам 2021 г. годовой объем грузовых перевозок в целом по транспортному комплексу республики снизился на 3,5 %, на автомобильном транспорте — на 3,1 %. При этом остается практически неизменной структурная доля автомобильного транспорта в общем объеме грузоперевозок: в 2020 г. она увеличилась с 37,8 до 40,1 %, в дальнейшем незначительно повысившись до 40,2 % по итогам 2021 г.

В динамике грузооборота по Беларуси ситуация несколько отличается: если общий грузооборот по транспортному комплексу страны вслед за объемом перевозок снижается с 2019 г. (минус 5,8 % в 2019 г., минус 5,9 % в 2020 г., минус 3,5 % по итогам 2021 г.), то в работе автотранспортной подсистемы имеет место стабильный прирост выполненной транспортной работы в т-км несмотря на действие негативных факторов рыночной конъюнктуры (плюс 1,5 % в 2019 г., плюс 0,9 % в 2020 г., плюс 2,8 % по итогам 2021 г.). Соответственно, наблюдается последовательное увеличение удельного веса автомобильного транспорта республики в общем грузообороте по ее транспортному комплексу: с 20,1 % в 2016 г. до 24,9 % в 2021 г.

В работе грузового автомобильного транспорта Беларуси особая роль отводится развитию международных автомобильных перевозок грузов, включая сегмент транзитной транспортировки. Указанные виды сообщения являются для перевозчиков страны и ее бюджета источником поступления валютных денежных средств. Двумя ключевыми индикаторами динамики рынка транзитных автомобильных перевозок (ТАП) грузов в республике является общий объем транспортировки и количество транзитных поездок. Изменение общего объема ТАП грузов в Беларуси и динамика его структуры в разрезе резидентства международных перевозчиков за 2016–2020 гг. показано на рис. 1.

Как видно из рис. 1, отмечается прирост объема международной транспортировки грузов в транзитном сообщении по территории Беларуси в течение 2016–2020 гг. как по общей сумме, так и по представленным видам субъектов-перевозчиков. По итогам 2020 г. объем ТАП грузов в республике составил 17 116,8 тыс. т [2]. Имеет место прирост значения показателя к уровню 2016 г. на 29,4 % и к значению 2019 г. на 1,3 %.

Процентный вклад белорусских автомобильных перевозчиков в формирование общего объема транзитной транспортировки составлял 13,9 % в 2016 г., в дальнейшем наблюдались его колебания в диапазоне 12,3–12,6 %.

Структура общего объема ТАП грузов в Беларуси в разрезе стран регистрации перевозчиков приведена на рис. 2.

По итогам 2020 г. вклад белорусских автоперевозчиков в формирование общего объема транзитных автомобильных перевозок грузов в Беларуси составил 2,15 млн т, или 12,6 %. В свою очередь, среди иностранных перевозчиков наибольший удельный вес имели транзитные грузоперевозки резидентами Российской Федерации (48,1 % общего объема автомобильного транзита грузов), Польши (18,2 %) и Литвы (6,4 %).

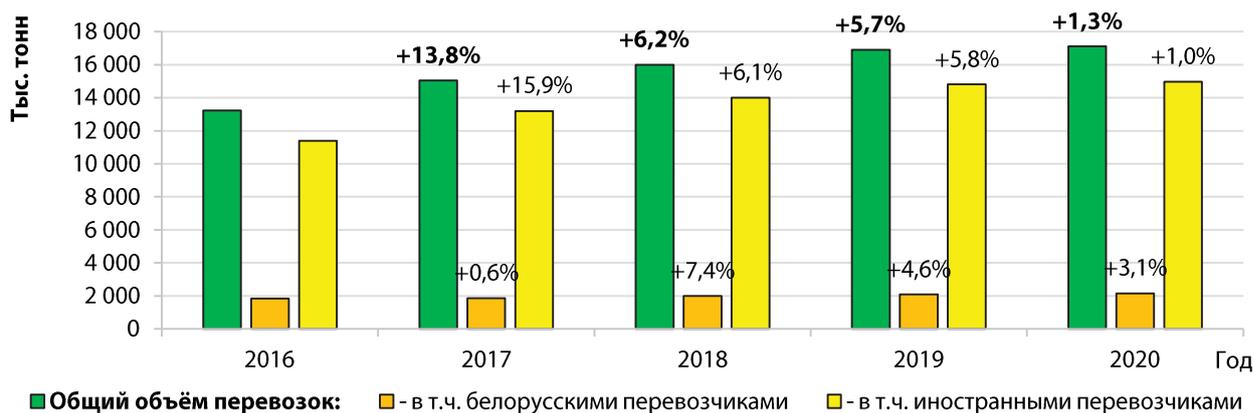


Рис. 1. Объем транспортировки грузов через территорию Республики Беларусь в транзитном сообщении в 2016–2020 гг. (тыс. т) [2]

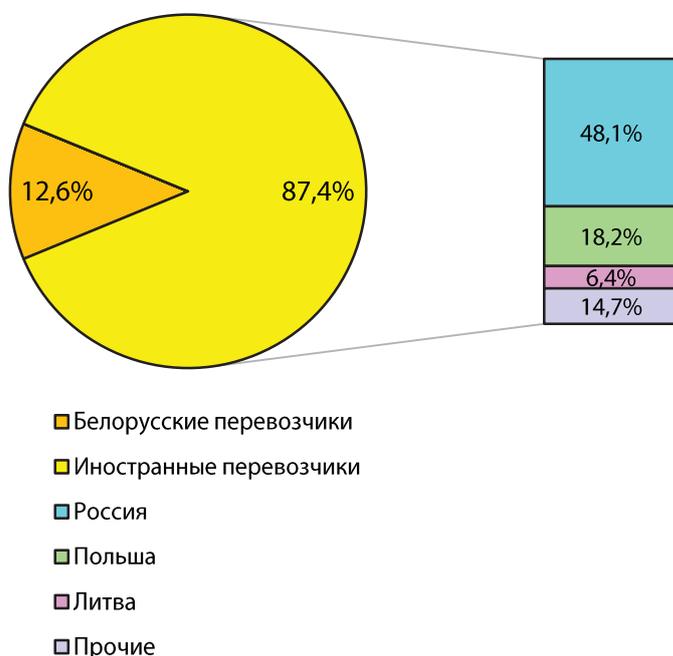


Рис. 2. Структура общего объема транспортировки грузов в транзитном сообщении через Беларусь по странам регистрации международных автоперевозчиков в 2020 г. [2]

Динамика количества поездок через государственную границу Республики Беларусь в ходе выполнения ТАП грузов отечественными и иностранными перевозчиками за 2016–2020 гг. отражена на рис. 3. По результатам развития рынка ТАП грузов в Беларуси в 2016–2019 гг. динамика объема транспортировки грузов и количества транзитных поездок имеет схожий, в целом позитивный характер. По результатам 2020 г. количество транзитных перевозок через республику незначительно снизилось на 0,1 % к уровню 2019 г. и составило 1,12 млн поездок.

Удельный вес количества транзитных поездок отечественных перевозчиков планомерно снижался в течение всего периода наблюдения с 14,8 % в 2016 г. до 12,2 % по результатам 2020 г.

Методический аспект в решении научно-практической проблемы оценки динамики ТАП грузов связан с двумя родственными категориями — «транзитный потенциал» и «транзитная привлекательность», используемыми в отношении транспортного комплекса страны либо ее транспортно-логистической системы макроуровня.

При этом существуют различные авторские подходы к раскрытию сущности и содержания указанных понятий. Так, в монографии [3] О. Н. Ларин раскрыл содержание транзитного потенциала с помощью следующей дефиниции: это «совокупная способность всех видов транспорта общего пользования обеспечивать эффективное обслуживание международных потоков грузов, следующих без таможенной очистки по территории страны от пункта отправления до пункта назначения, находящихся за пределами национальной границы» [3, с. 443]. В том же издании О. Н. Ларин и Л. Б. Миротин рассматривают транзитный потенциал государства как структурный компонент его геотранспортных ресурсов, концептуальные положения исследования которых, в свою очередь, изложены А. А. Чеботаевым в [4]. В ином аспекте описывает транзитный потенциал О. А. Фрейдман в [5], а именно: в виде составляющего элемента в составе более широкой категории логистического потенциала территориальной транспортной системы региона.

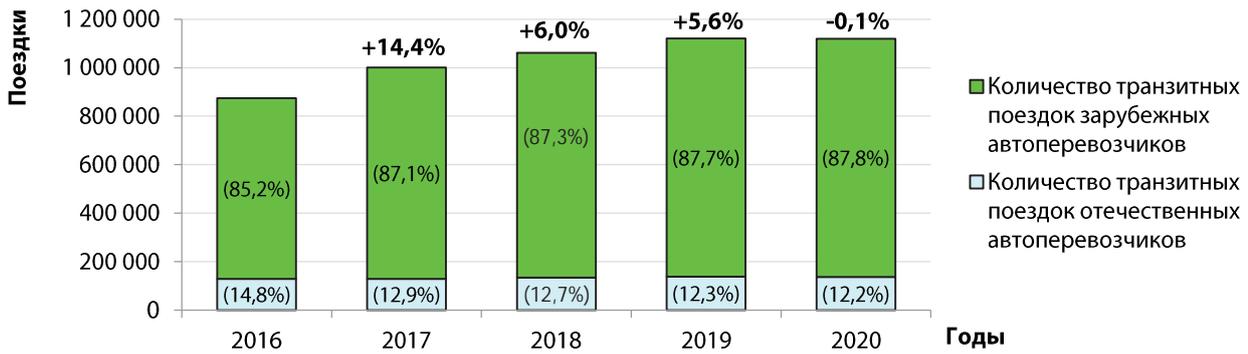


Рис. 3. Количество поездок в транзитном сообщении через Беларусь грузовых автомобилей, принадлежащих зарубежным и отечественным перевозчикам в 2016–2020 гг. [2]

В современной научной литературе все большее распространение наряду с категорией транзитного потенциала приобретает термин «транзитная привлекательность», применяемый в отношении стран, их регионов и соответствующих (национальных либо региональных) транспортно-логистических систем. С помощью данного термина передается степень соответствия (высокая привлекательность) либо несоответствия (низкая привлекательность) транспортно-логистической инфраструктуры страны, ее технико-технологических возможностей и нормативно-правовой базы потребностям и ожиданиям потенциальных потребителей транспортно-логистического обслуживания транзитных грузопотоков. К числу указанных рыночных субъектов относятся международные перевозчики, зарубежные грузовладельцы, логистические операторы из сопредельных стран, осуществляющие часть технологического процесса транзитной транспортировки и ее логистического обслуживания на территории Республики Беларусь.

На наш взгляд, «понятие транзитного потенциала в большей степени связано с количественной и качественной характеристикой предложения на внешнем рынке транспортно-логистических услуг. В свою очередь, уровень транзитной привлекательности национальной транспортно-логистической системы свидетельствует об уровне соответствия услуг, оказываемых в рамках указанной системы, потребностям и ожиданиям зарубежных грузоотправителей, перевозчиков и иных субъектов внешнего рынка, формирующих спрос на транзитные грузоперевозки по территории страны и логистическое обслуживание соответствующих транзитных грузопотоков» [6]. Это свидетельствует о важности категории транзитной привлекательности в условиях трансформационной рыночной экономики, ориентированной на удовлетворение интересов потребителей услуг.

Концептуальные подходы к исследованию транзитной привлекательности и транзитного потенциала с позиции их содержательных различий и подходов к оценке отражены на рис. 4.

Логическим развитием концепции, схематически отраженной на рис. 4, является авторская модель транзитной привлекательности государства с позиции перевозчиков и потребителей транспортно-логистических услуг, которая имеет вид зависимости:

$$TA = f[(1/TT), (1/LC), CS, SQ], \quad (1)$$

- где TA — результирующий критерий степени транзитной привлекательности государства;
- TT — показатель — фактор времени прохождения логистических потоков по территории транзитного государства (обратная взаимосвязь с динамикой TA);
- LC — показатель — фактор количественной оценки логистических затрат международного автомобильного перевозчика (обратная взаимосвязь с динамикой TA);
- CS — показатель — фактор уровня сохранности перевозимых товаров в процессе транспортировки через транзитное государство (прямая взаимосвязь с динамикой TA);
- SQ — показатель — фактор, характеризующий уровень качества логистического сервиса в процессе обслуживания грузопотоков в транзитном сообщении.



Рис. 4. Концепция транзитной привлекательности: содержательный аспект

ного потенциала, так и по степени его реализации на практике. На сегодня в научных публикациях ряда ученых и специалистов в области транспортной логистики отмечается «необходимость пересмотреть методы оценки территорий с точки зрения расчета транспортного потенциала, возможности определять его рейтинг на уровне городов, областей, регионов и стран» [7]. Кроме того, актуальна разработка системы отраслевых индикаторов динамики реализации транспортно-логистического потенциала.

В отечественной науке различные аспекты проблемы оценки эффективности международных автомобильных грузоперевозок (включая транзит) раскрываются в публикациях Р. Б. Ивутя [7], Д. М. Антюшени, А. А. Косовского, А. С. Зиневича [6, 8] и др. Указанная проблематика описывается также в зарубежной научной литературе. Так, корейский ученый Е. К. Пак в исследовании [9] занимался решением проблемы оптимизации размещения и функционирования сети транзитных транспортно-логистических центров. Вклад автора состоит в моделировании и алгоритмизации процессов функционирования логистической инфраструктуры, обосновании способов использования передовых информационных технологий и систем в области логистики транзитных грузоперевозок.

В рамках проводимого исследования значительный интерес представляет оценка эффективности грузовых ТАП по территории Республики Беларусь с точки зрения международных автомобильных перевозчиков (как отечественных, так и зарубежных), выступающих ключевыми субъектами внешнего транспортно-логистического рынка. Для международных перевозчиков критериями транзитной привлекательности страны являются факторы, избранные в качестве переменных в модели (1) — LC, TT, CS, SQ. Таким образом, параметр транзитной привлекательности TA одновременно выступает индикатором эффективности транспортного процесса в международном транзитном сообщении. Отсюда положенные в его основу показатели-факторы целесообразно рассматривать как индикаторы эффективного режима организации транспортировки грузов автомобильным транспортом в транзитном сообщении по территории страны.

Структурная характеристика авторской методической разработки объединяет четыре ключевых исследовательских направления:

Формирование методического обеспечения для оценки динамики ТАП грузов по территории государства предполагает в качестве одной из частных задач разработку инструментария для диагностирования уровня эффективности отдельных процессов ТАП как микрологистических систем. Научная проблема получения достоверной оценки эффективности транспортного процесса в транзитном сообщении тесно связана с анализом потенциала исследуемой территории в области транспортно-логистического обслуживания соответствующих транзитных грузопотоков. При этом совокупный транзитно-транспортный и логистический потенциал региона оценивается как с позиции уровня развития указан-

- анализ затрат денежных средств при осуществлении ТАП грузов;
- диагностирование эффективности ТАП грузов с позиции критерия времени доставки;
- оценку качества транспортного обслуживания при транзитном перемещении, включая критерий сохранности перевозимых товаров;
- оценку качества логистического сервиса при осуществлении ТАП грузов, включая уровень развитости логистического аутсорсинга в региональном сегменте мирового рынка.

Проблема оценки эффективности ТАП грузов в международном сообщении должна решаться в рамках комплексного исследования состояния транспортно-логистической системы макроуровня, в которой обслуживаются указанные перевозки. Диагностика указанного состояния представляется возможной в рамках следующей модели:

$$S = f(R), \quad (2)$$

$$S_1 \rightarrow S_2, \quad (3)$$

$$S = const, \quad (4)$$

$$S_1 = S_2, \quad (5)$$

$$\Delta E = E_2 - E_1, \quad (6)$$

где S — характеристика текущего состояния исследуемого системного объекта;

R — количественная мера результата функционирования системы;

S_1, S_2 — исходное и фактическое состояния системы;

E_1, E_2 — оценки эффективности системы в исходном и фактическом состоянии;

ΔE — приращение эффективности в результате стадии процесса развития системы.

Функция (2) описывает зависимость текущего состояния транспортно-логистической системы от достигнутого уровня ее количественных характеристик. Переход (3) предполагает проведение качественной интегральной оценки динамики уровня транспортно-логистического сервиса в транзитном сообщении. Равенство (4) описывает состояние равновесия исследуемой системы. Условие (5) отражает характеристику устойчивого состояния системы как «способности возвращаться в состояние равновесия после его нарушения под влиянием внешних возмущающих воздействий» [8]. Оценка (6) количественно отражает результат развития транспортно-логистической системы в процессе ее функционирования под воздействием внешних и внутренних факторов.

Структура предлагаемой авторской методики для комплексной оценки эффективности транзитных автомобильных грузоперевозок в Беларуси отражена на рис. 5.

Модель (2)–(6) позволяет описывать и оценивать процесс эффективного развития ТАП грузов в рамках транспортно-логистической системы государства как смену состояния системы ($S_1 \rightarrow S_2$) по результатам реализации мер по улучшению ее параметров функционирования ($R_1 \rightarrow R_2$), вследствие чего уровень эффективности транзитных перевозок в международном сообщении повышается ($E_2 > E_1$).

Заключение.

Проведенный ретроспективный анализ развития ТАП грузов в Республике Беларусь в 2016–2020 гг. отразил позитивную динамику ключевых количественных параметров рынка — объема транспортировки грузов и количества поездок. Несмотря на негативные проявления рыночной конъюнктуры вследствие пандемии COVID-19, по итогам 2020 г. объем транзита грузов через территорию Беларуси в тоннах увеличился на 1,3 %, а в поездках — незначительно снизился на 0,1 %. Белорусскими перевозчиками транзитом, включая перевозки в/из «третьих стран» в/из России, выполнено 136,7 тыс. перевозок (снижение на 0,9 % к значению за 2019 г.), перевезено 2,15 млн т грузов (прирост на 3,1 % к уровню 2019 г.). Иностранцами перевозчиками транзитом выполнено 982,9 тыс. перевозок (снижение на 0,02 % к значению 2019 г.), перевезено 14,97 млн т грузов (прирост на 1,04 % к уровню 2019 г.).

Представленные в статье авторские методические разработки, являющиеся элементами организационно-экономического механизма развития грузовых ТАП в Беларуси, нацелены на получение достоверной, объективной, комплексной оценки текущего состояния и перспектив развития транспортно-логистической системы республики с позиции реализации ее транзитного потенциала и повышения уровня транзитной привлекательности для международных автоперевозчиков

и грузовладельцев. В частности, предложенная методика комплексной оценки эффективности грузового автомобильного транзита может использоваться профильными государственными органами, ассоциациями отрасли и хозяйствующими субъектами для принятия обоснованных управленческих решений в области повышения эффективности транзитных сообщений как на макро-, так и на микроэкономическом уровне.

Литература:

1. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации // Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/>. — Дата доступа: 10.04.2022.

2. Гольдман, Г. Э. Оценка рисков, влияющих на транзит товаров и транспортных средств через территорию Республики Беларусь / Г. Э. Гольдман, С. П. Якубович, А. И. Кункевич // Перспективы развития транспортного комплекса: материалы VI МНПК. — Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2021. — С. 108–118.

3. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах: монография / Л. Б. Миротин, В. А. Гудков, В. В. Зырянов и др.; под редакцией Л. Б. Миротина. — М.: Горячая линия — Телеком, 2019. — 704 с.

4. Чеботаев, А. А. Геотранспортные ресурсы России / А. А. Чеботаев. — М.: ЗАО Изд-во «Экономика», 2007. — 454 с.

5. Фрейдман, О. А. Анализ логистического потенциала региона: Монография / О. А. Фрейдман. — Иркутск: ИрГУПС, 2013. — 164 с.

6. Зиневич, А. С. Транзитная привлекательность как характеристика национальной транспортно-логистической системы / А. С. Зиневич // Перспективы развития транспортного комплекса. Материалы V МНПК. — Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2019. — С. 120–128.

7. Транспортно-логистическая система Республики Беларусь: теория, методология, практика: Монография / Под общ. и науч. ред. Р. Б. Ивутья. — Волгоград: Сфера, 2016. — 292 с.

8. Зиневич, А. С. Методика оценки эффективности транзитных автомобильных грузоперевозок в Беларуси / А. С. Зиневич // Автотракторостроение и автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. — В 2 т. Т. 2. — Минск: БНТУ, 2020. — С. 231–235.

9. Пак, Е. Ю. Логистические методы повышения транзитного потенциала Транссибирской магистрали: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. Ю. Пак. — М.: 2006. — 127 с.



Рис. 5. Алгоритм реализации методики комплексной оценки эффективности транзитных автомобильных перевозок (ТАП) грузов



УСЛУГИ И СЕРВИСЫ РЕСПУБЛИКАНСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ

В Республике Беларусь насчитывается около 7000 библиотек. И в этом ряду особая роль принадлежит Республиканской научно-технической библиотеке (РНТБ). Это единственное учреждение в стране, где в полной мере представлены информационные ресурсы по технике, технологии, прикладной науке, интеллектуальной собственности и экономике производства, позволяющие эффективно организовать производственные процессы, научную, научно-техническую и инновационную деятельность с учетом существующих мировых тенденций.

Библиотека имеет пять филиалов во всех областных центрах страны, которые обеспечивают информационную базу для инновационного и всестороннего развития науки и производства в регионах республики.

Основные показатели деятельности библиотеки в 2021 г. наглядно демонстрируют ее масштабность. Библиотечный фонд составил более 58,1 млн экземпляров. Общее количество пользователей превысило 395 тыс. Им было выдано более 1,6 млн экземпляров документов. Если добавить к документному фонду уникальные ресурсы, представленные в 165 отечественных и зарубежных базах данных библиотеки, то становится понятно, что РНТБ создает все необходимые условия для содействия инновационному развитию страны.

В современном обществе информация уже давно рассматривается как один из важнейших факторов производства, который имеет принципиальные отличия от иных производственных ресурсов:

1. Информация не уничтожается в процессе личного и производственного потребления, следовательно, она является неисчерпаемым и неограниченным ресурсом. За определенный период к источнику информации могут обратиться неограниченное количество потребителей неопределенное количество раз. *Единожды получив из РНТБ необходимую предприятию информацию, ее могут использовать все сотрудники организации неограниченное количество раз.*

2. В отличие от других ресурсов, объемы которых в процессе их обмена (использования) уменьшаются, обмен знаниями приводит к увеличению объемов этих ресурсов. Например, если один предприниматель решает продать другому предпринимателю какое-то оборудование, то после акта обмена один из них лишается оборудования, другой — денег. *Однако если они решат обменяться сведениями, полученными из РНТБ, то каждый из них приобретет новую порцию знаний, не уменьшая количество предыдущей информации.*

3. К сожалению, информация быстро обесценивается во времени, однако информационный продукт, в отличие от другого вида продукта, подвержен только одному виду износа — моральному.

4. В реальном производстве неограниченный ресурс — информация — используется в совокупности с ограниченными ресурсами (трудом, капиталом, землей и т. д.). Именно это определяет «границы» использования неограниченных интеллектуальных ресурсов и приводит к тому, что цена единицы информации не становится бесконечно малой величиной. Издержки на приобретение единицы интеллектуального ресурса измеряются не количеством денег, которые необходимо потратить на эту единицу ресурса, а выгодой, которая теряется оттого, что ограниченные ресурсы, необходимые для совместного использования с дополнительной единицей интеллектуального ресурса, не использованы иным наилучшим альтернативным путем.

5. Применение информации и знаний в производстве ограничено состоянием традиционных ресурсов, а также готовностью к восприятию интеллектуальных ресурсов: уровнем квалификации трудовых ресурсов, степени наукоемкости капитальных ресурсов и т. д.

6. В отличие от других факторов производства, информации присуща избирательность как объективное отражение способности людей оценить, постичь и использовать информацию.

Таким образом, подытоживая все вышесказанное, мы можем утверждать, что ценность информации определяется не правом владения и распоряжения ею, а способностью ее умелого использования.

РНТБ помогает своим пользователям умело применять те несметные богатства знаний, которыми она обладает.

Услуги библиотеки включают в себя как традиционный для всех библиотек перечень, связанный с информационно-библиотечным обслуживанием, так и особенный набор, который разработан специально для пользователей РНТБ с учетом именно их потребностей и интересов.

Основные информационно-библиотечные услуги РНТБ

- Библиотечное и информационное обслуживание предприятий, организаций и специалистов науки и производства
- Пользование каталогами и картотеками, в том числе электронным каталогом и базами данных, кроме служебных
- Консультации по работе с каталогами, базами данных, заказу изданий, патентному поиску, копированию из электронных источников
- Удаленный заказ изданий пользователями, имеющими читательский билет РНТБ или ее филиалов, из электронного каталога
- Пользование литературой в читальных залах библиотеки
- Виртуальное справочное обслуживание
- Ознакомление с выставками литературы и документов в читальных залах
- Доступ к информационным ресурсам Интернет по предварительной записи в соответствии с «Правилами работы пользователей РНТБ в сети Интернет»
- Копирование информации из бесплатных ресурсов Интернет на электронные носители читателя с их антивирусным контролем
- Методические консультации для специалистов сети научно-технических библиотек, служб информации предприятий и организаций

Дополнительные услуги РНТБ

- Информационный поиск и составление библиографического списка литературы и документов по теме заказчика
- Патентно-информационный поиск
- Избирательное распространение информации (ИРИ)
- Электронная доставка документов (ЭДД)
- Редактирование списков литературы к дипломным и курсовым работам без поиска недостающих элементов библиографического описания
- Составление списков литературы к дипломным и курсовым работам
- Индексирование документов по УДК, ББК, ГРНТИ, определение авторского знака
- Межбиблиотечный абонемент (МБА)
- Переводы текстовых материалов (рус., англ., фр. языки)
- Компьютерный набор текста
- Копирование, сканирование, распечатка документов

Подробнее: <https://rist.org.by>

Предположим, у организации есть какая-то тема или проблема, над решением которой она работает. Естественно, сотрудникам понадобится информация о том, что сделано в стране и в мире по этой теме, какой опыт решения этой или похожей проблемы уже существует. Специалисты могут искать информацию самостоятельно, а могут воспользоваться следующими услугами РНТБ:

- информационным поиском и составлением библиографического списка литературы и документов по теме заказчика;
- патентно-информационным поиском.

В результате использования первой услуги у предприятия будет исчерпывающий релевантный список документов по теме, изучив который сотрудники смогут ознакомиться с документами, представленными в РНТБ.

При работе над той или иной темой организации с большой долей вероятности может понадобиться информация об уровне развития техники, о тенденциях развития технологий, о том, какие компании-конкуренты работают в данном направлении и т. д. Получить такие сведения можно, используя патентные документы.

Поиск патентной информации — очень непростая и трудоемкая задача, ведь каждое патентное ведомство использует собственную поисковую систему, которая отличается объемом и географией данных, функциональностью поиска и т. д. Здесь необходимо отметить огромный опыт работы специалистов РНТБ.

Воспользовавшись услугами патентно-информационного поиска, предприятие получит сведения о том, какие решения или разработки в мире запатентованы в конкретной тематической области, имеются ли среди них патенты, близкие по технической сущности собственной разработке (прототипы изобретения), возможно ли применение собственной разработки в другой сфере, а также информацию о разработчиках-конкурентах на рынке и др.

Такую услугу, как патентный поиск, другие библиотеки Республики Беларусь практически не оказывают, так как качественное ее осуществление возможно только при условии наличия соответствующего фонда, а самое главное — квалифицированного персонала.

РНТБ уверена в качестве своих услуг, так как в библиотеке и ее областных филиалах функционируют центры поддержки технологии и инноваций, в работе которых наряду с высококвалифицированными специалистами-библиотекарями участвуют патентные поверенные. Здесь можно не только



заказать патентно-информационный поиск, но и получить консультации по вопросам защиты интеллектуальной собственности, регистрации промышленных образцов, товарных знаков, по патентным пошлинам и т. д.

За 2021 г. специалисты центров оказали более 400 консультаций.

Успех деятельности организации любой отрасли производства зависит от того, насколько оперативно к специалистам поступает новая информация. В данном случае на помощь приходит автоматизированная система избирательного распространения информации (ИРИ) РНТБ, разработанная в 2011 г. Благодаря ей абоненты регулярно бесплатно получают на свой электронный почтовый ящик информацию о новых поступлениях в фонды по интересующей их теме.

Автоматизированная система избирательного распространения информации (ИРИ)

				
<p>Информация о новых поступлениях поставляется бесплатно независимо от количества выбранных тем и периодичности</p>	<p>Абонентом ИРИ может стать как юридическое, так и физическое лицо независимо от возраста, страны проживания и сферы деятельности</p>	<p>Тематические запросы могут быть постоянными, а могут быть разовыми. Полученный список документов можно оценивать на соответствие запросу</p>	<p>Наличие «личного кабинета», возможность корректировки тематики запросов и периодичности получения информации, доступ к архиву выполненных запросов</p>	<p>Возможность удаленного заказа необходимого документа для последующей работы в читальном зале или получения электронной копии по e-mail</p>

РНТБ была первой библиотекой, внедрившей в свою деятельность эту систему, поэтому за 10 лет работы она накопила огромный опыт.

Среди абонентов системы ИРИ — как научные, учебные учреждения, так и промышленные предприятия. Более 150 белорусских организаций уже оценили пользу услуги и являются ее пользователями на протяжении ряда лет.

В системе ИРИ можно зарегистрировать предприятие как юридическое лицо, предварительно назначив ответственного. Специалисты могут также зарегистрироваться как физические лица и получать на свой личный e-mail списки новинок. Единственное условие при этом — необходимо быть читателем РНТБ. Однако и в этом случае библиотека сделала все необходимое для комфорта своих пользователей. Сегодня, чтобы стать читателем РНТБ, нет необходимости посещать ее физически. На портале библиотеки реализована возможность записи в удаленном режиме.

Чтобы стать абонентом ИРИ, необходимо заполнить форму-заявку абонента, которая отражает сведения об абоненте, тематику его запросов, желаемую периодичность получения информации (1 раз в две недели, 1 раз в месяц или 1 раз в квартал), и направить ее администратору службы ИРИ библиотеки (e-mail: iri@rlst.org.by).



Как стать абонентом ИРИ?

Портал РНТБ: <https://rlst.org.by/services/iri>

Скачать и заполнить заявку

Направить заявку администратору службы ИРИ iri@rlst.org.by

Получить на e-mail, указанный в заявке, логин и пароль для входа в личный кабинет

УСПЕХ

Тематика запросов формулируется произвольно (с помощью ключевых слов).

На указанный при регистрации электронный почтовый ящик приходит ссылка, перейдя по которой пользователь попадает в свой личный кабинет, где загружен библиографический список новых документов, поступивших в РНТБ: отечественные и иностранные книжные, периодические издания; статьи из сборников и журналов; технические нормативные правовые акты; промышленные каталоги; проспекты международных выставок.

Если у абонента существует необходимость в получении информации о новых патентах, промышленных образцах, товарных знаках, рефератах из реферативных журналов, о промышленных

каталогах, диссертациях, он может отметить это в заявке, и РНТБ также будет поставлять ему эту дополнительную информацию с периодичностью либо 1 раз в квартал, либо 1 раз в полгода (в зависимости от пожелания).

Если после ознакомления с описанием документа у пользователя возникает необходимость изучить полный текст, то он может прийти в библиотеку, а может воспользоваться услугой электронной доставки документов (ЭДД).

Эта услуга, в отличие от ИРИ, платная.

В службе ЭДД можно заказать цифровые копии фрагментов следующих документов:

- отдельных глав и статей из книг, журналов, диссертаций;
- информационных материалов из баз данных;
- микроформ;
- аудиодокументов.

Заказы выполняются в сроки от 1 до 5 суток.

Таким образом, воспользовавшись службой ИРИ, а также ЭДД, можно регулярно получать самую актуальную информацию по своей теме на свой электронный почтовый ящик.

Специалисты предприятий могут приобретать и оригинал документа прямо на рабочее место. Для этого организация должна быть абонентом межбиблиотечного абонемента РНТБ. Это еще один очень удобный сервис. Основанием для открытия абонемента является Договор об оказании платных библиотечно-информационных услуг. От организации назначается ответственный за работу по межбиблиотечному абонементу сотрудник, которому диспетчер МБА присваивает логин и пароль для заказа изданий через Интернет.

Если специалистам понадобится документ, которого нет в РНТБ, служба межбиблиотечного абонемента также придет на помощь, доставив его из фондов других крупнейших библиотек Беларуси, России, Казахстана. Тесное сотрудничество с этими учреждениями позволяет выполнять самые сложные информационные запросы пользователей.

В данной статье описаны лишь некоторые основные услуги, которые оказывает РНТБ. С полным перечнем можно ознакомиться на ее портале (<https://rlst.org.by>).

Чтобы использовать все возможности библиотеки максимально продуктивно, предприятиям целесообразно заключить Договор об оказании платных библиотечно-информационных услуг. Тогда в любое время любым удобным способом (по телефону, факсу, почте или электронной почте) сотрудники организаций смогут направлять заявку на оказание той или иной услуги и оперативно получать ее. Таким образом с РНТБ уже сотрудничают 665 предприятий.

Ежегодно РНТБ внедряет новые ресурсы и услуги, делая все возможное для информационного обеспечения научно-технической сферы Республики Беларусь. Благодаря постоянному развитию и совершенствованию сервисов библиотеки, ее клиентоориентированности можно с уверенностью утверждать, что сотрудничество с РНТБ является залогом успеха деятельности любой организации реального сектора экономики.

Материал подготовлен
Пшибытко Мариной Георгиевной,
ученым секретарем РНТБ

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В журнале «Новости науки и технологий» публикуются научные и проблемные статьи, а также краткие сообщения по вопросам экономики и управления народным хозяйством, развития науки и технологий в Республике Беларусь и других странах, посвященные пропаганде перспективных направлений науки и техники, производства, инновационной деятельности, международного сотрудничества.

Журнал включен в наукометрическую базу данных — Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Электронные версии статей, опубликованных в журнале, размещаются в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU.

Редакция журнала приглашает ученых и специалистов в качестве авторов статей журнала и просит при представлении материалов руководствоваться следующими правилами.

1. Рукопись статьи (далее — статья, произведение) на русском, или белорусском, или английском языках представляется в редакцию на бумажном носителе (формат А4) в двух экземплярах, пронумерованных и подписанных всеми авторами.

2. К статье о результатах работ, выполненных в организации, прилагают: ходатайство (сопроводительное письмо) организации об опубликовании статьи; заключение (акт экспертизы) об отсутствии в работе сведений, составляющих государственную тайну; рецензию (для научных статей). Нельзя направлять в редакцию работы, напечатанные в иных изданиях либо направленные в иные издания.

3. Электронный вариант статьи в форматах документов *.doc, *.docx и **метаданные произведения** представляются на электронном носителе (CD, DVD) либо электронным письмом с приложением на электронный почтовый ящик doroshuk@belisa.org.by или sudilovskaya@belisa.org.by. Названия прикрепленных к письму файлов должны включать фамилии авторов.

4. В редакцию на бумажном носителе представляются **лицензионный договор и акт приема-передачи произведения**, оформленные и подписанные каждым автором. *Авторы, ранее заключавшие договор с журналом, предоставляют только акт приема-передачи произведения.*

5. Основной текст статьи набирается шрифтом типа Times, размер символов 12 п., одинарный интервал, абзацный отступ 1 см, поля: левое — 3, правое — 1, верхнее — 2, нижнее — 2 см, в текстовых редакторах Word под Windows, для формул — в формульном редакторе Word.

6. Рукописи статей должны включать следующие элементы:

- **индекс УДК** (<http://udc.biblio.uspu.ru/>);
- **название статьи на русском и английском языках**;
- **сведения об авторах** (для каждого из авторов) **на русском и английском языках**: фамилия, имя, отчество; должность, ученая степень, ученое звание; название организации, в которой работает (учится), город, страна;
- аннотацию (резюме) (до 250–300 слов, или 1500–1700 печатных знаков) к статье **на русском и английском языках**;

– **ключевые слова или словосочетания** (до 15) **на русском и английском языках** (ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой);

– полный текст статьи;

– библиографический список литературы (только на языке оригинала).

7. Объем статьи не должен превышать 10–15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и список литературы). Принимаются краткие сообщения до трех страниц. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков с пробелами).

8. Весь иллюстративный материал (кроме диаграмм MS Excel, MS Graph) предоставляется в наилучшем качестве в виде отдельных файлов с разрешением не менее 300 dpi, содержащих номер рисунка с расширением, указывающим на формат используемого файла (*1.TIF, *2.JPG и т. д.), а также (или) в форме отпечатанных фотографий. Каждый рисунок должен иметь название, которое помещается под рисунком. Если в тексте более одного рисунка, то они нумеруются арабскими цифрами (например: «Рис. 1. Название...»). Номер помещается перед названием. Таблицы вставляются в текст, они должны обязательно иметь название и заголовки всех граф.

9. Основным шрифтом набираются: греческие и русские буквы; математические символы (sin, lg); символы химических элементов (C, Cl, CHCl₃); цифры (римские и арабские); векторы, индексы (верхние и нижние), являющиеся сокращениями слов. Курсивом набираются латинские буквы: переменные, символы физических величин (в том числе и в индексе). Жирным шрифтом набираются векторы (стрелки сверху не ставятся), а также слова и цифры, которые нужно выделить. Формулы с дробями, знаками сумм, интегралов, верхними и нижними индексами набираются в редакторе формул MathType. Отдельно стоящие в тексте буквы (a, b, d, j, l, m, г и др.), знаки и символы (€, ±, ', ^, ¥, °, ¢ и др.) набираются без использования редактора формул: они вставляются из меню Вставка/Символ. Если длина формулы превышает длину строки, то следует разорвать данную формулу на несколько строк в соответствии с правилами переноса математических формул.

10. Размерности всех величин, используемых в тексте, должны соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

11. Литература приводится общим списком в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте идут по порядку и обозначаются цифрой в квадратных скобках (например: [1], [2]). Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Литература на английском языке набирается по тем же правилам, что и русскоязычная. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

12. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются в соответствии с порядком цитирования в тексте.

13. Представляя текст статьи для публикации в журнале, авторы гарантируют правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в представленной рукописи статьи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

14. Материалы и рукописи статей, представленные в редакцию с нарушением требований настоящих Правил, редакцией не рецензируются и не рассматриваются на предмет опубликования. Рукописи автору не возвращаются.

15. Оригиналы авторских рукописей хранятся в редакции в течение года, рецензий — в течение трех лет.

16. Рецензирование научных материалов осуществляется путем стороннего и внутреннего рецензирования. При стороннем рецензировании авторы прилагают к рукописи статьи внешнюю рецензию доктора или кандидата наук, заверенную в установленном порядке, при этом редакция оставляет за собой право проведения дополнительного внутреннего рецензирования. Внутреннее рецензирование осуществляется членами редакционной коллегии соответствующего научного профиля с ученой степенью доктора или кандидата наук, назначаемыми редакционной коллегией, редакционным советом или главным редактором. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. При наличии отрицательной рецензии статья возвращается автору для доработки с учетом замечаний рецензента. Переработанные авторами статьи повторно направляются на рецензирование. В случае повторной отрицательной рецензии статья снимается с дальнейшего рассмотрения редакцией. Датой поступления статьи считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. В случае отказа в опубликовании представленных материалов редакция не дает письменного заключения о причинах такого решения, не знакомит автора с результатами рецензирования и не возвращает поступившие материалы.

17. Редакция оставляет за собой право на редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

**Раздел подготовлен по материалам издательства
научной и медицинской литературы Elsevier,
а также материалов
Международного Комитета
по публикационной этике (COPE)**

18. Этика научных публикаций.

18.1. Все статьи, предоставленные для публикации в журнале «Новости науки и технологий», проходят рецензирование на оригинальность, этичность и значимость. Соблюдение стандартов этического поведения важно для всех сторон, принимающих участие в публикации: авторов, редакторов журнала, рецензентов, издателя.

18.2. Автор материала, представленного к опубликованию, не должен публиковать работы, которые описывают по сути одно и то же исследование, более чем один раз или более чем в одном журнале.

Предоставление рукописи более чем в один журнал одновременно означает неэтичное издательское поведение и является недопустимым.

18.3. Авторство необходимо ограничить теми лицами, которые внесли ощутимый вклад в концепцию, проект, исполнение или интерпретацию заявленной работы. Всех, кто внес ощутимый вклад, следует внести в список соавторов.

18.4. Автор должен гарантировать, что список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали свое согласие на ее публикацию.

18.5. Редакция рецензируемого журнала «Новости науки и технологий» является ответственной за принятие решения о том, какие статьи будут опубликованы в журнале. Решение принимается на основании представляемых на статью рецензий. Редактор может советоваться с другими редакторами для принятия решений.

18.6. Редакционная коллегия журнала «Новости науки и технологий» при рассмотрении статьи на основании рекомендации Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь может произвести проверку материала с помощью системы «Антиплагиат».

18.7. Неопубликованные материалы, находящиеся в предоставленной статье, не должны быть использованы в собственном исследовании научного редактора и рецензентов без специального письменного разрешения автора.

18.8. Рецензенты должны идентифицировать опубликованную работу, которая не была процитирована автором. Любое утверждение, что наблюдение, происхождение либо аргумент ранее были сообщены, необходимо сопровождать соответствующей ссылкой. Рецензент также должен донести до сведения редакции о любой существенной схожести или частичном совпадении между рукописью, которая рецензируется, и другой уже опубликованной работой, которая ему знакома.

18.9. Приватная информация или идеи, возникшие в процессе рецензирования, должны остаться конфиденциальными и не могут быть использованы в личных интересах. Рецензент не должен рассматривать рукопись, если имеет место конфликт интересов в результате его конкурентных, партнерских либо других отношений или связей с кем-либо из авторов, компаний или организаций, связанных с материалом публикаций.

18.10. Рецензенты или кто-либо из сотрудников штаба редакции не должны разглашать никакую информацию о предоставленной рукописи кому-либо, кроме самого автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, других редакционных советников и издателя, поскольку она является конфиденциальной.

**Материалы в редакцию следует направлять по адресу:
пр. Победителей, 7, 220004, г. Минск
ГУ «БелИСА» (журнал «Новости науки и технологий»)
Тел.: (+375 17) 203-41-23, 306-09-46,
факс: (+375 17) 226-63-25**



ПОРТАТИВНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА



Предназначены для отображения информации и формирования управляющего воздействия в составе различных типов систем управления, в том числе технологическими процессами.

В составе автоматизированных рабочих мест применяются современные высокопроизводительные вычислительные средства на базе процессоров Intel Core i7.

Компоновка и изготовление специальных физических панелей управления (кнопки, переключатели, тумблеры, потенциометры, сигнальные лампы и табло).

Диагональ экрана	от 10 до 24 дюймов
Устройства ввода	клавиатура, мышь; опционально — джойстик, трекбол, сенсорные панели
Сетевой интерфейс	Ethernet 1 Гбит/с, до 6 портов

Промышленное исполнение оборудования: защита от внешних воздействий, вибрации, расширенный диапазон рабочих температур.

Разработка специального программного обеспечения по требованиям Заказчика.



Республика Беларусь, 220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1
Тел.: (+375 17) 311-05-69, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspb.com

ISSN 2075-7204



9 772075 720008