

ISSN 2075-7204

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

№ 4 (55) 2020

**СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

SYSTEM OF EVALUATION INDICATORS PRODUCTION RESOURCES
OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

**БОРТОВОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИВОДА
УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»**

ON-BOARD DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION
OF THE BELARUS TRACTOR CLUTCH CONTROL DRIVE

**МЕТОДИКА СИНТЕЗА СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ КВ-ДИАПАЗОНА**

MATCHING UNIT SYNTHESIS TECHNIQUE FOR HF MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS



СТЕНД ИСПЫТАНИЯ ГИДРОАППАРАТУРЫ



Стенд испытания гидроаппаратуры предназначен:

- для проведения проверок работоспособности как отдельных элементов гидросистем различного типа, так и гидроагрегатов в сборе;
- проведения испытаний гидроаппаратуры на прочность и герметичность в заданных диапазонах максимального давления;
- проведения настроечных и регулировочных работ блоков секционных гидрораспределителей;
- проведения проверки функционирования и испытаний регулируемых и нерегулируемых гидронасосов и гидромоторов;
- проверки функционирования пропорциональных элементов гидропривода (клапанных секций, регулятора расхода, распределителей);
- проведения настройки датчиков — реле давления, датчиков конечного положения;
- натурального моделирования схемных решений при проектировании гидросистемы.

Стенд обеспечивает:

- регулирование давления в диапазоне от 1 до 22 МПа;
- регулирование подачи от 2 до 60 л/мин;
- одновременное подключение до 3 гидравлических контуров с различными настройками расхода и давления;
- диагностику с помощью измерительной аппаратуры (датчиков температуры, давления, расходомеров) по CAN-протоколу;
- запись измеренных параметров гидроаппаратуры на компьютер с выводом информации как в табличном виде, так и в виде графиков.

Характеристики стенда:

- питание стенда осуществляется от трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В частотой 50 Гц;
- максимально создаваемое давление — до 22 МПа;
- максимальная подача — до 60 л/мин;
- объем гидросистемы стенда — 150 л;
- количество одновременно подключаемых датчиков — 6;
- габаритные размеры стенда 4000×3000 мм;
- масса стенда — не более 200 кг.



Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью (НПООО) «ОКБ ТСП»

220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1, Республика Беларусь
Тел.: (+375 17) 311-05-69, 311-05-67, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspbел.com

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Новости науки и технологий» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим наукам.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ И РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Шумилин Александр Геннадьевич

д-р экон. наук, доцент, Председатель ГКНТ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

Грищук Виктор Михайлович

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

Ботенковская Екатерина Сергеевна

канд. экон. наук, специалист отдела экспортного контроля и внешнеэкономической деятельности НПООО «ОКБ ТСП»

Володько Владимир Фёдорович

д-р пед. наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента 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

Ивуть Роман Болеславович

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

Коробкин Владимир Андреевич

д-р техн. наук

Косовский Андрей Аркадьевич

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

Листопад Николай Измаилович

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

Лях Юлия Вадимовна

канд. техн. наук, научный секретарь ГУ «БелИСА», заместитель главного редактора

Новикова Ирина Васильевна

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

Савенко Сергей Александрович

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

Щербаков Сергей Сергеевич

д-р физ.-мат. наук, профессор, заместитель Председателя ГКНТ

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Баханович Александр Геннадьевич

д-р техн. наук, ректор БрГТУ

Евдокимов Виктор Валерьевич

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

Милорад М. Кураица

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

№ 4 (55) 2020 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,
З. В. Шиманович.

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 60×84 1/8. Бумага офсетная.

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,95.

Гарнитура Minion.

Подписано в печать 29.12.2020 г.

Тираж 100 экз. Заказ № 13.

Отпечатано в издательско-полиграфическом
отделе ГУ «БелИСА».

Лиц. 02330/485 от 14.09.2018.

ВНОМЕРЕ:

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Система показателей оценки производственных ресурсов машиностроительных предприятий

Л. М. Короткевич, Ф. Ф. Кашлей

System of Evaluation Indicators Production Resources of Machine-Building Enterprises 3

L. Korotkevich, F. Kashley

Бортовое диагностирование технического состояния привода управления сцеплением трактора «БЕЛАРУС»

Ю. Д. Карпиевич

On-board Diagnostics of the Technical Condition of the Belarus Tractor Clutch Control Drive..... 13

Y. Karpievich

Методика синтеза согласующих устройств для мобильных систем связи КВ-диапазона

Н. И. Листопад, Д. А. Ковалевич

Matching Unit Synthesis Technique for HF-Mobile Communication Systems 17

N. Listopad, D. Kavalevich

Разработка, изготовление и исследование плоских радиопрозрачных экранов для фазированных антенных решеток

А. Г. Будай, А. П. Гринчук, А. В. Громыко, В. П. Кныш

Development, Manufacture and Research of Flat Radio Transparent Screens for Phased Antenna Arrays..... 26

A. Budai, A. Grinchuk, A. Hramyka, V. Knysh

Концептуально-методологический подход к разработке инструментария экономической оценки транспортно-логистического потенциала автомобильных дорог Республики Беларусь

И. М. Царенкова

Conceptual and Methodological Approach to the Development of Tools for Economic Assessment of the Transport and Logistics Potential of Highways in the Republic of Belarus 36

I. Tsarenkova

Механизмы стимулирования получения послевузовского образования в Республике Беларусь

А. Г. Климов, О. А. Марисова, Ю. В. Лях, О. В. Лупей

Mechanisms for Stimulating Getting of Postgraduate Education in the Republic of Belarus 45

A. Klimkov, O. Marisova, U. Liakh, O. Lupei

Логистика как технология для достижения целей бизнеса

В. А. Скориков

Logistics as a Technology for Achieving Business Goals 52

V. Skorikov

Цифровизация железной дороги

А. А. Хорошевич

Railway Digitalization 57

A. Khoroshevich

НА ЗАМЕТКУ

Правила для авторов..... 67

УДК 33.012.8

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

SYSTEM OF EVALUATION INDICATORS PRODUCTION RESOURCES OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

Л. М. Короткевич,

доцент кафедры «Инженерная экономика» машиностроительного факультета Белорусского национального технического университета, канд. экон. наук, г. Минск, Республика Беларусь

Ф. Ф. Кашлей,

магистрант машиностроительного факультета Белорусского национального технического университета, г. Минск, Республика Беларусь

L. Korotkevich,

Associate Professor of the Department of Engineering Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Belarusian National Technical University, Candidate of Economic Sciences, Minsk, Republic of Belarus

F. Kashley,

Master's Student of the Faculty of Mechanical Engineering, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 13.04.2020 г.

Статья раскрывает особенности управления системой производственных ресурсов на стадии зрелости жизненного цикла предприятия машиностроительного профиля в условиях информатизации экономики. В статье отражены подходы к определению понятия «производственные ресурсы» в разрезе исторических временных рамок, его развитие и эволюция. Авторы предлагают выделение групп производственных ресурсов (основанных на применении модели «черного ящика»), имеющих особое влияние и значение на начальном, промежуточном (производственном) и конечном этапах стадии зрелости жизненного цикла предприятия. Основное внимание авторов акцентируется на комплексном подходе к оценке ресурсной базы, что позволяет сделать вывод об эффективности управления производственными ресурсами предприятия. В заключительной части статьи предложены направления и рекомендации по улучшению использования производственных ресурсов на предприятии.

The article reveals the features of managing the system of production resources at the stage of stability of the life cycle of a machine-building enterprise in the conditions of informatization of the economy. The article reflects approaches to the definition of "production resources" in the context of historical time frames, its development and evolution. The authors propose to allocate groups of production resources (based on the application of the "black box" model) that have a special impact and significance at the initial, intermediate (production) and final stages of the enterprise's lifecycle stability stage. The main attention of the authors is focused on a comprehensive approach to assessing the resource base, which allows us to draw a conclusion about the effectiveness of managing production resources of the enterprise. The final part of the article offers directions and recommendations for improving the use of production resources at the enterprise.

Ключевые слова: производственные ресурсы, экономика, организация производства, система производственных ресурсов, информатизация, «черный ящик», эффективность, рациональность, промышленное предприятие.

Keywords: production resources, economy, organization of production, system of production resources, informatization, "black box", efficiency, rationality, industrial enterprise.

До сегодняшнего момента нет определенной трактовки термина «производственные ресурсы». Авторы предложили огромное количество формулировок в зависимости от временного периода, политико-экономического строя, влияния глобальных событий мирового масштаба.

Для определения и понимания термина «производственные ресурсы» можно выделить следующие этапы его развития.

В классическом понимании термин «производственные ресурсы» тесно связан с термином «факторы производства». основоположник «кембриджской школы» Альфред

Маршал в своем главном труде «Принципы экономической науки» (1890) подразделяет факторы производства на *землю*, *капитал* и *труд*. Под *землей* подразумевается сама земля (территория), а также энергия природы в виде воды, воздуха, света и тепла. Под *трудом* понимается экономически эффективная деятельность человека — физический или умственный труд. К *капиталу* относят весь имеющийся в распоряжении запас средств и орудий труда для производства материальных благ и для достижения тех выгод, которые обычно считаются частью дохода [1, с. 165].

В XX в. с высоким развитием производства, производственных технологий и предпринимательства из классического понимания факторов производства произошло выделение отдельных видов производственных ресурсов. С середины XX в. большинство экономистов предпочитают разделять понятия «факторы производства» и «производственные ресурсы», а также давать определение вновь образовавшемуся термину. Кандидат экономических наук, доцент С. И. Бессонова предлагает следующую трактовку понятия «производственные ресурсы»: это совокупность ресурсов, позволяющих предприятию с любой формой собственности получать финансовые результаты в процессе расширенного производства, трансформации и аккумуляции в другие виды ресурсов с целью достижения экономического эффекта [2].

Некоторые авторы придерживаются и более классической трактовки понятия «производственные ресурсы». Например, экономико-математический словарь Л. И. Лопатникова дает следующую трактовку термина: производственные ресурсы — факторы производства, функционирующие в замкнутом воспроизводственном цикле

предприятия, необходимые для производства продукции [3, с. 309].

В результате информатизации экономики, начавшейся в конце XX в., появился также термин «информационно-производственные ресурсы». Кандидат экономических наук Г. А. Кольке трактует термин «информационные ресурсы» как систему производственных ресурсов с выраженной интеллектуальной составляющей, создающей новые возможности для предприятия и способной генерировать дополнительные ресурсы, а также обладающей свойствами, обеспечивающими конкурентные преимущества предприятию в условиях агрессивной внешней среды [4].

Таким образом, развитие и эволюцию термина «производственные ресурсы» можно представить в виде схемы (рис. 1).

Исходя из трактовок определений термина «производственные ресурсы» на различных этапах развития факторов производства, можно сформировать следующие подходы к исследованию и систематизации данного термина (табл. 1).

Для разработки системы показателей, позволяющих оценить эффективность использования производственных ресурсов, крайне необходимо учитывать стадию жизненного цикла предприятия и отрасль, к которой оно относится.

Выделяют четыре стадии жизненного цикла предприятия: стадия зарождения, стадия становления и роста, стадия зрелости, стадия оздоровления.

Каждый этап жизненного цикла предприятия характеризуется определенными условиями, в которых он функционирует: начальные условия (исходные данные — предпосылки для возникновения организации (начальный этап)) или конечный ре-



Рис. 1. Развитие и эволюцию термина «производственные ресурсы»

Подходы к исследованию и систематизации термина «производственные ресурсы»

Подход	Суть подхода	Предпосылки возникновения
Классический (... — конец XIX в.)	В классическом варианте существуют следующие факторы производства: земля, капитал, труд. Факторы производства в данном случае равны производственным ресурсам: $ПР = ФП$	Эволюционно выверенные временем условия для образования простейших форм организации производственного процесса (мануфактура, цех, гильдия)
Организационно-хозяйственный (конец XIX в. — конец XX в.)	Из классических факторов выделяются следующие основные виды производственных ресурсов: природные, финансовые, материальные, технические, технологические, энергетические, инвестиционные, трудовые, предпринимательский талант. Производственные ресурсы рассматриваются как совокупность всех имеющихся у предприятия ресурсов: $ПР = \{ресурс\ 1, ресурс\ 2 \dots ресурс\ n\}$, а также как функцию от остальных ресурсов: $ПР = f(ресурс\ 1, ресурс\ 2 \dots ресурс\ n)$	Индустриализация, глобальное развитие и рост производства, формирование институтов менеджмента, совершенствование бухгалтерского и внедрение управленческого учета сделали необходимым выделение более мелких групп (видов) производственных ресурсов для более эффективного и экономически выгодного управления предприятием
Информационно-интеллектуальный (конец XX в. — наши дни)	К основным видам производственных ресурсов добавляются информационные и интеллектуальные ресурсы. Создаются электронные системы управления производственными ресурсами, основанные на ИТ. В настоящее время информационные ресурсы (своевременная и качественная информация обо всей финансово-экономической деятельности предприятия, состоянии макро и микросреды) являются главенствующим и определяющим фактором производства. Иными словами, эффективность и рост производственных ресурсов зависит: $ПР = f(ресурс\ 1, ресурс\ 2 \dots ресурс\ n)^{IT}$	Развитие информационных технологий создало условия для формирования целого спектра информационных услуг для обеспечения функционирования экономики не только предприятия, но и государства в целом, а также интегрирования национальных субъектов хозяйствования в международную производственно-экономическую систему

зультат предыдущего этапа (последующие этапы); факторы внутренней и внешней среды, оказывающие влияние на организацию.

В Республике Беларусь 20,1 % промышленного производства приходится на машиностроительный комплекс, который включает более 70 подотраслей [5, с. 32].

Большинство предприятий машиностроительного профиля Республики Беларусь были основаны во второй половине XX в. и управления не только производственными ресурсами, но и всей организацией в целом формировалось в большей степени по образцу организационно-хозяйственного подхода. В настоящее время большинство оте-

чественных предприятий машиностроительного профиля находятся на стадии зрелости жизненного цикла и вынуждены вести свою производственно-экономическую деятельность в условиях все большего интегрирования со сферой информационных технологий, ввиду чего крайне необходимо выделение показателей оценки эффективности управления производственными ресурсами в условиях интеллектуально-информационного подхода.

В последнее время под влиянием факторов внешней и внутренней среды все острее встает вопрос о повышении эффективности деятельности предприятий машиностроения



Рис. 2. Модель «черного ящика» этапа зрелости жизненного цикла предприятия

за счет рационального использования производственных ресурсов.

Для разработки показателей эффективности предлагается использовать модель «черного ящика», предложенную кибернетиком Уильямом Росс Эшби.

В классическом понимании модель «черного ящика» включает в себя входные параметры, процессы и выходные параметры. Адаптировав данную модель для понимания процесса управления производственными ресурсами на стадии зрелости предприятия,

можно выделить три группы производственных ресурсов, которые играют главенствующую роль в начале этапа зрелости (переход от предыдущего этапа), в процессе этапа и в конце этапа (переход к следующему этапу).

Модель «черного ящика», характеризующая этап зрелости жизненного цикла предприятия, представлена на схеме (рис. 2).

Ниже представлены производственные ресурсы, оказывающими большое влияние на начальном этапе зрелости (входные параметры «черного ящика»), и их оценка (табл. 2).

Таблица 2

Показатели оценки эффективности производственных ресурсов на начальном этапе стадии зрелости предприятия

Наименование показателя	Расчетная формула	Комментарий
1.1. Оценка использования парка имеющегося оборудования	$O_{об} = \frac{OБ_д}{OБ_н}$ <p>OБ_д — количество действующего оборудования; OБ_н — количество наличного оборудования</p>	Оценка использования парка имеющегося оборудования имеет большое значение, влияющее на эффективность и величину производственной мощности. Чем ближе коэффициент к 1, тем выше производственная мощность предприятия и его эффективность в целом. На данный показатель также влияют следующие факторы: своевременный ремонт вышедшего из строя оборудования, рациональная и качественная процедура техперевооружения, технологически грамотное закрепление операций за определенным оборудованием
1.2. Оценка трудового потенциала предприятия	$O_{ТП} = Ч_{П} \cdot C_{П} \cdot З_{П} \cdot K_{П} \cdot ВП_{П}$ <p>Ч_П — общая численность персонала; C_П — показатель средней продолжительности трудовой деятельности работника в течение года; З_П — показатель закрепляемости персонала;</p>	Оценка трудового потенциала предприятия показывает в первую очередь работу и эффективность HR-службы предприятия (отдела кадров в классическом понимании). Трудовой потенциал предприятия напрямую зависит от условий труда работников, как материальных, так и производственных, от социально-психологического климата коллектива, от качества

Наименование показателя	Расчетная формула	Комментарий
	<p>K_{Π} — показатель квалификации персонала;</p> <p>$ВП_{\Pi}$ — показатель роста производительности труда при различной возрастной и половой структуре персонала</p>	<p>обучения и адаптации вновь прибывших работников, от грамотной балансировки возрастной и половой структуры персонала в зависимости от выполняемой работы, должностных обязанностей и производственных операций</p>
<p>1.3. Оценка уровня автоматизации производственного процесса</p>	<p>$O_{yA} = \frac{O_{PA}}{O_{obc}}$,</p> <p>$O_{PA}$ — количество роботизированных и автоматизированных операций производственного процесса;</p> <p>O_{obc} — общее количество операций производственного процесса</p>	<p>Высокий уровень автоматизации производственного процесса положительно влияет на эффективность производства выпускаемой продукции. Чем выше уровень автоматизации, тем качественнее и своевременнее выполняется производственный процесс за счет уменьшения количества технологических перерывов и не вынужденных ошибок характерных для ручного труда человека. Уровень автоматизации производственного процесса, стремящийся к 1, говорит о производственном процессе, характерном для завода-автомата</p>
<p>1.4. Оценка обновления основных средств предприятия</p>	<p>$O_{obcOC} = \frac{OC_{H}}{OC_{obc}}$,</p> <p>$OC_{H}$ — стоимость новых основных средств, приобретенных за рассматриваемый период;</p> <p>OC_{obc} — общая стоимость основных средств за рассматриваемый период (в классическом понимании — на конец года)</p>	<p>Высокий уровень обновления основных средств означает увеличение в общем парке машин и оборудования новых, как правило, более эффективных машин, что создает условия для увеличения выпуска новой продукции, повышения ее качества, конкурентоспособности. Чем выше коэффициент обновления основных средств оборудования, тем выше технический потенциал предприятия</p>
<p>1.5. Оценка соответствия прогрессивным нормам расхода материала</p>	<p>$O_{HP} = \frac{HP_{pacm.org}}{HP_{ved.org}}$,</p> <p>$HP_{pacm.org}$ — норма расхода материала рассматриваемой организации;</p> <p>$HP_{ved.org}$ — норма расхода материала ведущей организации</p>	<p>Снижение норм расхода материалов на изготовление продукции напрямую влияет на рентабельность и себестоимость выпускаемой продукции. Мероприятия по технологической рационализации производственных процессов необходимы для снижения расхода материалов. Целью данных мероприятий должен быть выход на значение данной оценки меньше 1</p>
<p>1.6. Оценка ИТ-вооруженности работника</p>	<p>$O_{IT-v} = \frac{PC}{ППП_{CP}}$,</p> <p>$PC$ — количество рабочих станций ИТ — ИТ-инфраструктуры (ПК, планшеты, оборудование с ЧПУ);</p> <p>$ППП_{CP}$ — среднесписочная численность персонала</p>	<p>Высокая ИТ-вооруженность производственного процесса показывает высокую технологичность выпускаемой продукции. Чем больше современного и качественного оборудования, тем выше качество выпускаемой продукции. Высокая ИТ-автоматизация производственного процесса снижает себестоимость выпускаемой продукции, посредством замены ручного труда машинным с применением информационных технологий, что также влияет на уменьшение доли брака выпускаемой продукции</p>

Наименование показателя	Расчетная формула	Комментарий
1.7. Оценка интегрированности ИТ-инфраструктуры	$O_{ИТ-и} = \frac{PC_{ЛВС}}{PC}$ <p>PC_{ЛВС} — количество рабочих станций ИТ — ИТ-инфраструктуры (ПК, планшеты, оборудование с ЧПУ), интегрированных в локальную вычислительную сеть; PC — количество рабочих станций ИТ (ПК, планшеты, оборудование с ЧПУ)</p>	Интегрированность ИТ-инфраструктуры показывает насколько качественно и своевременно осуществляется обмен информацией между производственными подразделениями. Чем выше интегрированность ИТ-инфраструктуры, тем более эффективно и своевременно осуществляется производственный процесс: уменьшается время межоперационных ожиданий, что в конечном счете сказывается на уменьшении времени и себестоимости изготовления продукции

Основные производственные ресурсы и их оценка, играющие главенствующую роль в процессе самой стадии зрелости, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели оценки эффективности производственных ресурсов на процессном этапе стадии зрелости предприятия

Наименование показателя	Расчетная формула	Комментарий
2.1. Оценка трудоемкости продукции	$O_T = \frac{З}{Q_{ПР}}$ <p>З — затраты труда или времени на производство продукции; Q_{ПР} — объем произведенной продукции</p>	Трудоемкость отражает результативность работы предприятия. Высокая трудоемкость может говорить о недостаточности трудовых ресурсов, низком профессиональном опыте работников, невысоких условиях трудовой деятельности и качестве используемых орудий труда, сложности трудового процесса и уровне автоматизации производства. Чем ниже трудоемкость, тем выше производительность труда
2.2. Оценка использования фонда рабочего времени	$O_{ИФ} = K_1 \cdot K_2$ <p>K₁ — коэффициент использования рабочих дней, определяемый отношением среднего количество отработанных дней одним работником к количеству рабочих дней в периоде; K₂ — коэффициент использования продолжительности смены, определяемый отношением фактической продолжительности смены к установленной</p>	Коэффициент использования фонда рабочего времени показывает уровень рационального использования время выделенного на проведение производственного процесса. Чем ближе коэффициент к 1, тем выше эффективность использования фонда рабочего времени. Для повышения эффективности использования фонда рабочего времени необходимо качественное планирование производственного процесса, как на краткосрочном этапе, так и на долгосрочном с предположением внесения возможных корректировок
2.3. Оценка ИТ-емкости производства	$O_{ИТ-е} = \frac{ИТЗ}{C_{ПР}}$ <p>ИТЗ — сумма затрат на внедрение и обучение ИТ; C_{ПР} — стоимость произведенной продукции</p>	ИТ-емкость показывает количество затраченных средств на внедрение информационных технологий в производство. Высокая ИТ-емкость говорит о высокой интеллектуальной технологичности и наукоемкости выпускаемой продукции

Наименование показателя	Расчетная формула	Комментарий
2.4. Оценка оборачиваемости денежных средств в производственных запасах	$O_{\text{оборд}} = \frac{\text{ПЗ}_{\text{ГД}}}{\text{ПЗ}_{\text{СГост}}}$ <p>ПЗ_{ГД} — годовая потребность в производственных запасах; ПЗ_{СГост} — среднегодовые остатки производственных запасов</p>	Оценка оборачиваемости производственных запасов в денежном выражении показывает эффективность использования производственных запасов. Большое количество невостребованных производственных запасов уменьшает наличие свободных оборотных средств необходимых для запуска следующего цикла производственного процесса, что отрицательно сказывается на времени и качестве выпускаемой продукции
2.5. Уровень технологии производства	$Y_T = 0,3 \frac{\text{П}_П}{\text{П}_П^H} + 0,3 \frac{\text{П}_О}{\text{П}_О^H} + 0,2 \frac{\text{П}_М}{\text{П}_М^H} + 0,2 \frac{\text{П}_{\text{ИМ}}}{\text{П}_{\text{ИМ}}^H}$ <p>П_П, П_О, П_М, П_{ИМ} — расчетные показатели производительности труда, применения прогрессивного технологического оборудования, использования механизированного и автоматизированного труда, использования материала; П_П^Н, П_О^Н, П_М^Н, П_{ИМ}^Н — нормативные показатели производительности труда, применения прогрессивного технологического оборудования, использования механизированного и автоматизированного труда, использования материала</p>	Уровень технологии производства показывает уровень развития производственного процесса организации. Для повышения уровня производства необходима постоянная актуализация технологических процессов и внедрение передовых технологий, рационализация, грамотное технологическое техперевооружение, профессиональный подбор и обучение кадров
2.6. Интегральный показатель использования производственных ресурсов	$K_{\text{И}} = K_{\text{ЭКСТ}} \cdot K_{\text{ИНТ}}$ <p>K_{ЭКСТ} — коэффициент экстенсивного использования производственных ресурсов; K_{ИНТ} — коэффициент интенсивного использования производственных ресурсов</p>	Интегральный показатель использования производственных ресурсов показывает качество и эффективность использования производственных ресурсов по времени и по мощности. Чем ближе показатель к 1, тем выше эффективность использования производственных ресурсов и всего производства в целом

Ниже представлен завершающий этап основных производственных ресурсов и их оценка (выходные параметры «черного ящика») (табл. 4).

Для более полного понимания системы показателей оценки эффективности производственных ресурсов приведем расчет данных показателей на примере одного из машиностроительных предприятий Республики Беларусь — ОАО «УКХ «БКМ»», занимающегося выпуском пассажирского транс-

порта. Так как ОАО «УКХ «БКМ»» находится на процессном этапе стадии зрелости предприятия, воспользуемся показателями, приведенными в табл. 3.

В качестве исходных данных для расчета воспользуемся бизнес-планом развития ОАО «УКХ «БКМ»» на 2020 г.

Расчет показателей оценки эффективности производственных ресурсов на процессном этапе стадии зрелости ОАО «УКХ «БКМ»» представлен в табл. 5.

Показатели оценки эффективности производственных ресурсов на завершающем этапе стадии зрелости предприятия

Наименование показателя	Расчетная формула	Комментарий
3.1. Оценка рентабельности персонала	$O_{РП} = \frac{\Pi}{ППП_{СР}},$ <p> Π — прибыль, полученная от реализации продукции; $ППП_{СР}$ — среднесписочная численность персонала </p>	Рентабельность персонала напрямую зависит от уровня компетентности и профессионализма рабочих, участвующих в производственном процессе, приносящем прибыль в организацию. Группа грамотных и высококвалифицированных рабочих всегда будет иметь большую рентабельность, чем многочисленная группа рабочих с низким уровнем квалификации при ожидаемой одинаковой прибыли
3.2. Оценка фондорентабельности основных производственных средств	$O_{Ф-р} = \frac{\Pi}{ОПС_{СР}},$ <p> Π — прибыль, полученная от реализации продукции; $ОПС_{СР}$ — среднегодовая сумма основных производственных средств </p>	Рост фондорентабельности показывает улучшение использования основных средств, а уменьшение показателя при одновременном увеличении фондоотдачи говорит об увеличении затрат предприятия. Снижение показателя оправдано в том случае, когда происходит переход на выпуск новой продукции
3.3. Оценка рентабельности материальных ресурсов	$O_{РМ} = \frac{\Pi}{МЗ},$ <p> Π — прибыль, полученная от реализации продукции; $МЗ$ — сумма материальных ресурсов </p>	Рентабельность материальных затрат показывает количество получаемого дохода с одного потраченного рубля на приобретение материалов и рассчитывается как соотношение чистой прибыли к совокупной сумме затрат на сырье и материалы
3.4. Оценка инвестиций в ИТ-грамотность персонала	$O_{ИТ-г} = \frac{ИТЗ}{ППП_{СР}},$ <p> $ИТЗ$ — сумма затрат на внедрение и обучение ИТ; $ППП_{СР}$ — среднесписочная численность персонала </p>	ИТ-грамотность персонала организации показывает степень внедрения информационных технологий в кадровый потенциал персонала. Высокая ИТ-грамотность персонала необходима для осуществления качественного производственного процесса с применением информационных технологий
3.5. Оценка производительности труда по добавленной стоимости	$O_{ДС} = \frac{ДС}{ППП_{СР}},$ <p> $ДС$ — добавленная стоимость рассматриваемого проекта; $ППП_{СР}$ — среднесписочная численность персонала, участвующего в рассматриваемом проекте </p>	Производительность труда по добавленной стоимости напрямую зависит от добавленной стоимости по рассматриваемому проекту. Чем выше добавленная стоимость и чем ниже списочный состав персонала рассматриваемого проекта, тем выше производительность труда по добавленной стоимости

Расчет показателей оценки эффективности производственных ресурсов на процессном этапе стадии зрелости ОАО «УКХ «БКМ»» на 2020 г.

Наименование показателя	Расчет показателя
Оценка трудоемкости продукции	$O_T = \frac{3}{Q_{\text{ПР}}} = \frac{2008}{232} = 8,66,$ <p>3 — затраты времени на производство продукции (час); $Q_{\text{ПР}}$ — объем произведенной продукции (машина)</p>
Оценка использования фонда рабочего времени	$O_{\text{ИФ}} = K_1 \cdot K_2 = \frac{211}{252} \cdot \frac{7,8}{8} = 0,81,$ <p>K_1 — коэффициент использования рабочих дней, определяемый отношением среднего количество отработанных дней одним работником к количеству рабочих дней в периоде (дни); K_2 — коэффициент использования продолжительности смены, определяемый отношением фактической продолжительности смены к установленной (час)</p>
Оценка ИТ-емкости производства	$O_{\text{ИТ-е}} = \frac{\text{ИТЗ}}{C_{\text{ПР}}} = \frac{243654}{95635000} = 0,0025,$ <p>ИТЗ — сумма затрат на внедрение и обучение ИТ (BYN); $C_{\text{ПР}}$ — стоимость произведенной продукции (BYN)</p>
Оценка оборачиваемости денежных средств в производственных запасах	$O_{\text{оборд}} = \frac{\text{ПЗ}_{\text{ГД}}}{\text{ПЗ}_{\text{СГост}}} = \frac{25321000}{2451000} = 10,33 ,$ <p>$\text{ПЗ}_{\text{ГД}}$ — годовая потребность в производственных запасах (BYN); $\text{ПЗ}_{\text{СГост}}$ — среднегодовые остатки производственных запасов (BYN)</p>
Уровень технологии производства	$U_T = 0,3 \frac{\text{П}_{\text{П}}}{\text{П}_{\text{П}}^{\text{Н}}} + 0,3 \frac{\text{П}_{\text{О}}}{\text{П}_{\text{О}}^{\text{Н}}} + 0,2 \frac{\text{П}_{\text{М}}}{\text{П}_{\text{М}}^{\text{Н}}} + 0,2 \frac{\text{П}_{\text{ИМ}}}{\text{П}_{\text{ИМ}}^{\text{Н}}} =$ $= 0,3 \frac{0,81}{0,98} + 0,3 \frac{0,79}{0,95} + 0,2 \frac{0,76}{0,95} + 0,2 \frac{0,78}{0,97} = 0,82 ,$ <p>$\text{П}_{\text{П}}, \text{П}_{\text{О}}, \text{П}_{\text{М}}, \text{П}_{\text{ИМ}}$ — расчетные показатели производительности труда, применения прогрессивного технологического оборудования, использования механизированного и автоматизированного труда, использования материала; $\text{П}_{\text{П}}^{\text{Н}}, \text{П}_{\text{О}}^{\text{Н}}, \text{П}_{\text{М}}^{\text{Н}}, \text{П}_{\text{ИМ}}^{\text{Н}}$ — нормативные показатели производительности труда, применения прогрессивного технологического оборудования, использования механизированного и автоматизированного труда, использования материала</p>
Интегральный показатель использования производственных ресурсов	$K_{\text{И}} = K_{\text{ЭКСТ}} \cdot K_{\text{ИНТ}} = \frac{1645}{2008} \cdot \frac{232}{360} = 52,48,$ <p>$K_{\text{ЭКСТ}}$ — коэффициент экстенсивного использования производственных ресурсов (час); $K_{\text{ИНТ}}$ — коэффициент интенсивного использования производственных ресурсов (машин)</p>

Результаты расчетов показали, что находящееся на процессном этапе стадии зрелости ОАО «УКХ «БКМ»» имеет достаточно приемлемую трудоемкость изготовления единицы

пассажирского транспорта (учитывая мелко-серийный тип производства предприятия).

Использование фонда рабочего времени также имеет высокую оценку, что может

говорить о рациональном планировании работ производственного персонала и о его высокой трудовой дисциплине.

Невысокий показатель ИТ-емкости производства говорит о том, что для обеспечения качественным программным продуктом персонала необходимо приобретение дорогостоящих лицензий.

Оценка оборачиваемости производственных запасов имеет приемлемый показатель (около 10 %) для предприятий машиностроительной отрасли.

Уровень технологии производства достаточно высок, что обусловлено грамотной политикой технического перевооружения и обновления основных производственных средств.

Интегральный показатель использования производственных ресурсов имеет среднее значение. Для его увеличения необходимо провести ревизию использования производственных мощностей предприятия и реализовать недогруженное оборудование.

В качестве общих выводов и рекомендаций можно выделить следующие основные направления для повышения рациональности и эффективности производственных показателей.

Для улучшения состояния и эффективности трудовых ресурсов целесообразно: улучшение условий труда, как производственного, так и материального характера; обеспечение работников качественным производственным инструментом и оборудованием; повышение квалификации производственного персонала, инженерно-технических работников и служащих путем постоянного совершенствования их профессиональных качеств по средствам корпоративного обучения.

Улучшение использования и состояние основных производственных средств можно достичь: своевременный ремонт оборудования, инструмента и производственных помещений; грамотное конструкторско-технологическое сопровождение производственных процессов в разрезе рационального использования производственных пло-

щадей и оборудования; долгосрочное и краткосрочное планирование выполнения плана производства; качественное и рациональное техперевооружение оборудования.

Эффективное использование материальных ресурсов достигается за счет: планомерной и качественной совместной работой инженерной службы и службы материально-технического снабжения; грамотной технологической подготовкой производства; сохранности и оборота ресурсов в производственном процессе.

Качественное использование информационных ресурсов определяется в первую очередь коэффициентом ИТ-грамотности работников всех сфер производственно-экономических отношений предприятия. Эффективное использование ИТ-ресурсов также зависит от своевременного обновления информационных продуктов и их потребителей, а также рационального выделения средств на их приобретение. Вершиной достижения эффективного использования информационных технологий является не только их использование в сфере управления производственными ресурсами, но и перевод всех подразделений предприятия на ИТ-отношения: планирование, анализ, учет, производство, финансы, связи с общественностью.

Литература:

1. Маршал, А. Принципы экономической науки / А. Маршал. — М.: Прогресс, 1993. — 994 с.
2. Бессонова, С. И. Исследование формирования производственных ресурсов предприятия и их классификация / С. И. Бессонова, В. Я. Козлова // Вестник Приазовского государственного технического университета. — 2009. — № 19. — С. 320–325.
3. Лопатников, Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки / Л. И. Лопатников. — 5-изд., перераб. и доп. — М.: Дело, 2003. — 520 с.
4. Кольке, Г. И. Внутрифирменное планирование интеллектуально-производственных ресурсов машиностроительных предприятий: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Г. И. Кольке; Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского. — Омск, 2011. — 28 с.
5. Промышленность Республики Беларусь: стат. сб. — Минск, 2019. — 196 с. — Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. — Дата доступа: 15.03.2020.

УДК 629.113-592.004.58

БОРТОВОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИВОДА УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»

ON-BOARD DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE BELARUS TRACTOR CLUTCH CONTROL DRIVE

Ю. Д. Карпиевич,

профессор кафедры «Автомобили» Белорусского национального технического университета, д-р техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

Y. Karpievich,

Professor of the Automobiles Department, Belarusian National Technical University, PhD in Engineering, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 25.06.2020.

В статье рассматривается новая методика бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением трактора.

The article discusses a new technique for on-board diagnosis of the technical condition of the tractor clutch control drive.

Ключевые слова: диагностирование, техническое обслуживание, ремонт, сцепление, неисправность, испытания.

Keywords: diagnosis, maintenance, repair, clutch, malfunction, testing.

Введение.

Наиболее перспективным направлением электронизации трактора является его бортовое диагностирование, обеспечивающее высокую безопасность эксплуатации, упрощение процедуры и уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт [1]. Предполагается, что внедрение бортовых диагностических систем позволит снизить стоимость технического обслуживания и ремонта трактора в несколько раз [2].

Сложность задачи контроля технического состояния привода управления сцеплением заключается в разработке методов диагностирования [3].

Данная статья посвящена контролю за техническим состоянием привода управления сцеплением трактора «Беларус», что делает исследование востребованным и актуальным.

Методика диагностирования.

Рассмотрим новый метод бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением трактора.

Среди неисправностей привода управления сцеплением можно выделить следующие [4]:

- увеличенный свободный ход муфты выключения сцепления;
- уменьшенный свободный ход муфты выключения сцепления.

Структурная схема системы бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением трактора представлена на рис. 1.

В основу методов диагностирования привода положен характер изменения положения рычага вилки выключения сцепления в процессе управления сцеплением.

Для получения информации о положении рычага вилки выключения сцепления используется датчик углового перемещения (19) (рис. 2).

Применение аналогового датчика позволяет повысить общий уровень контролепригодности привода управления сцеплением [5].

При определении положения рычага вилки выключения сцепления целесообразно

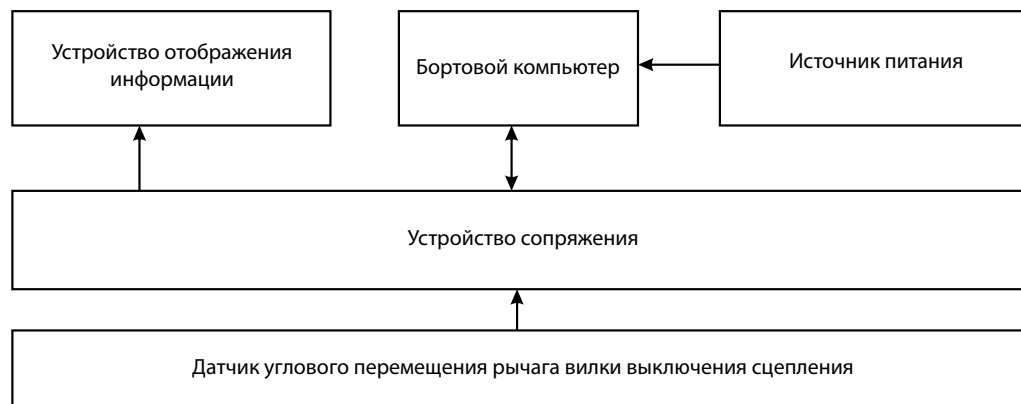


Рис. 1. Структурная схема системы бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением трактора

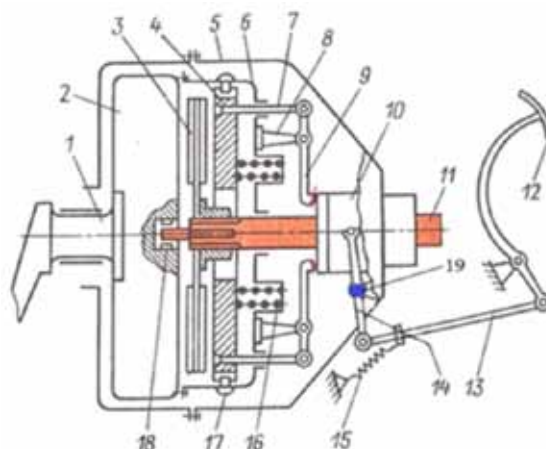


Рис. 2. Сцепление трактора: 1 — коленчатый вал; 2 — маховик; 3 — ведомый диск с фрикционными накладками; 4 — нажимной диск; 5 — картер сцепления; 6 — кожух сцепления; 7 — оттяжной палец; 8 — опора оттяжного рычага; 9 — оттяжной рычаг; 10 — муфта выключения сцепления; 11 — ведущий вал коробки передач; 12 — педаль; 13 — тяга; 14 — вилка выключения; 15 — оттяжная пружина; 16 — нажимная пружина; 17 — направляющий палец; 18 — ролик подшипник; 19 — датчик углового перемещения

пользоваться не абсолютным, а относительным значением информационного сигнала. Это связано с тем, что в процессе износа накладок ведомого диска сцепления постоянно изменяется начальное положение подвижной части датчика углового перемещения, а следовательно, и значение информационного сигнала на его выходе. В результате изменения начальной настройки датчика используемые в методике пороговые значения положения рычага вилки выключения сцепления могут стать причиной постановки системой ошибочного диагноза.

Поэтому было введено понятие коэффициента полноты выключения сцепления, позволяющего избежать вышеназванного недостатка.

Под коэффициентом полноты выключения сцепления понимается выражение:

$$K_{cu}(\alpha) = \left| \frac{R_{cu}(t) - R_{cu}(\alpha_0)}{R_{cu}(\alpha_{vc}) - R_{cu}(\alpha_0)} \right|; \quad 0 \leq K_{cu}(\alpha) \leq 1 \quad (1)$$

где $R_{cu}(t)$ — мгновенное положение рычага вилки выключения сцепления;

$R_{cu}(\alpha_0)$ — положение рычага вилки выключения сцепления при полностью включенном сцеплении;

$R_{cu}(\alpha_{vc})$ — положение рычага вилки выключения сцепления при полностью выключенном сцеплении.

Методы диагностирования привода управления сцеплением разрабатывались применительно к режиму трогания трактора

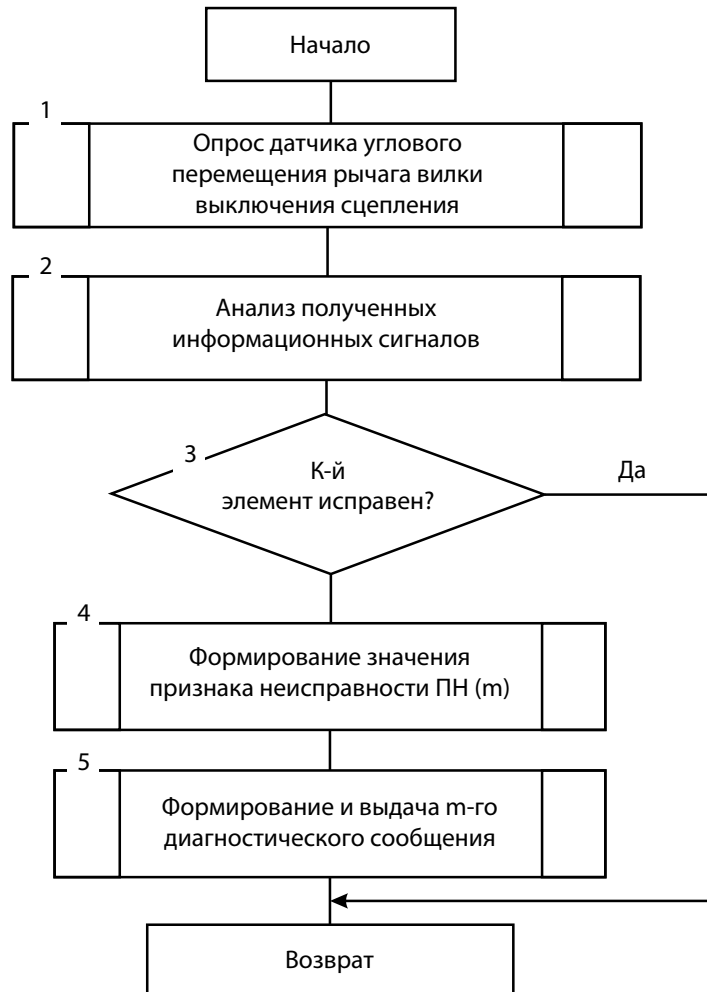


Рис. 3. Укрупненная блок-схема алгоритма бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением трактора

с места с переключением передач, позволяющий проводить проверку привода при его управлении водителем.

В качестве примера рассмотрим бортовое диагностирование привода управления сцеплением при трогании трактора с места.

Процедура бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением трактора заключается в следующем.

В ходе диагностирования микропроцессорная система реализует некоторый алгоритм (рис. 3), представляющий собой опрос датчика углового перемещения рычага вилки выключения сцепления и сравнение полученных значений информационных сигналов с константами технически исправно-

го привода управления сцеплением, занесенными в память бортового компьютера, а также правил последовательности выполнения и анализа этих проверок. Если в результате обработки полученной информации K -й элемент оказывается неисправным, то признаку неисправности $ПН(m)$ присваивается необходимое значение и формируется соответствующее диагностическое сообщение.

Диагностирование привода управления сцеплением начинается с проверки системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} K_{cu}(\alpha) &= 0 \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) &= 0 \\ R_{cu, \min} &\leq R_{cu}(\alpha) \leq R_{cu, \max} \end{aligned} \right\}; \quad (2)$$

где $K_{cu}(\alpha)$ — скорость изменения коэффициента полноты выключения сцепления;

$R_{cu,\min}$, $R_{cu,\max}$ — соответственно нижний и верхний пределы диапазона измерения датчика положения рычага сцепления;

$R_{cu}(\alpha)$ — угловое перемещение рычага вилки выключения сцепления.

Если какое-либо из условий выражения (2) не выполняется, то проводится локализация неисправности датчика углового перемещения педали сцепления, предусматривающая следующие проверки:

$$\left. \begin{aligned} K_{cu}(\alpha) < K_{cu,\min} \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) = 0 \\ R_{cu}(\alpha) < R_{cu,\min} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Сигнал от датчика положения рычага вилки выключения сцепления меньше допустимого нижнего предела диапазона измерения»;

$$\left. \begin{aligned} K_{cu}(\alpha) > K_{cu,\max} \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) = 0 \\ R_{cu}(\alpha) > R_{cu,\max} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

выполнение которой свидетельствуют о неисправности типа «Сигнал от датчика положения рычага вилки выключения сцепления больше допустимого верхнего предела диапазона измерения».

Выполнение вышеописанных проверок проводится до тех пор, пока водитель не нажмет педаль управления сцеплением и не произойдет трогание рычага вилки выключения сцепления с места. В этом случае состояние привода управления сцеплением может быть описано системой:

$$\left. \begin{aligned} 0 < K_{cu}(\alpha) < K_{cu}(\alpha_{cx}) \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) > 0 \\ R_{cu,\min} < R_{cu}(\alpha) < R_{cu,\max} \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

которая после завершения выборки свободного хода и зазоров в сопряжениях привода преобразуется в вид:

$$\left. \begin{aligned} 0 < K_{cu}(\alpha) < 1 \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) = 0 \\ R_{cu,\min} < R_{cu}(\alpha) < R_{cu,\max} \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где $K_{cu}(\alpha_{cx})$ — коэффициент полноты выключения сцепления при выбранной величине свободного хода муфты выключения сцепления.

На данном этапе диагностирования проводится контроль свободного хода муфты выключения сцепления, для чего предусмотрена проверка:

$$\left. \begin{aligned} K_{cu}(\alpha_{cx,\min}) \leq K_{cu}(\alpha) \leq K_{cu}(\alpha_{cx,\max}) \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) = 0 \\ R_{cu,\min} < R_{cu}(\alpha) < R_{cu,\max} \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где $K_{cu}(\alpha_{cx,\min})$, $K_{cu}(\alpha_{cx,\max})$ — соответственно коэффициенты полноты выключения сцепления при минимально и максимально допустимой величине свободного хода муфты выключения сцепления.

Если условие (7) не выполняется, то проводится локализация неисправности, которая сводится к проведению следующих проверок:

$$\left. \begin{aligned} K_{cu}(\alpha) > K_{cu}(\alpha_{cx,\max}) \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) = 0 \\ R_{cu,\min} < R_{cu}(\alpha) < R_{cu,\max} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Увеличенный свободный ход муфты выключения сцепления»;

$$\left. \begin{aligned} K_{cu}(\alpha) < K_{cu}(\alpha_{cx,\min}) \\ \dot{K}_{cu}(\alpha) = 0 \\ R_{cu,\min} < R_{cu}(\alpha) < R_{cu,\max} \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Уменьшенный свободный ход муфты выключения сцепления».

Отличительной особенностью разработанных методов является то, что они позволяют без каких-либо специальных внешних технических средств выявлять наиболее распространенные неисправности привода управления сцеплением.

Выводы.

Разработаны методы бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением.

Предложенный в статье коэффициент полноты выключения сцепления позволит исключить влияние точности настройки датчика углового перемещения рычага вилки выключения сцепления на достоверность результатов диагностирования.

Литература:

1. Захаров, В. Н. Современная информационная технология в системах управления / В. Н. Захаров // Изв. Академии наук. Теория и системы управления. — 2000. — № 1. — С. 70–78.
2. Шувалов, Е. А. Повышение работоспособности трансмиссий тракторов / Е. А. Шувалов. — Л.: Машиностроение, 1986. — 126 с.: ил.
3. Гаскаров, Д. В. Интеллектуальные информационные системы / Д. В. Гаскаров. — М.: Высш. шк., 2003. — 431 с.: ил.
4. Конструкция тракторов и автомобилей: пособие / И. Н. Шило, А. И. Бобровник, В. Е. Тарасенко, В. Г. Левков. — Минск: БГАТУ, 2012. — 816 с.
5. Маханьков, О. А. Разработка методов диагностирования микропроцессорной системы автоматического управления механической трансмиссией: дис. ... к-та техн. наук / О. А. Маханьков. — Минск, 1992. — 278 л.

УДК 621.396

МЕТОДИКА СИНТЕЗА СОГЛАСУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ КВ-ДИАПАЗОНА

MATCHING UNIT SYNTHESIS TECHNIQUE FOR HF-MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

Н. И. Листопад,

заведующий кафедрой информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, д-р техн. наук, профессор, г. Минск, Республика Беларусь

Д. А. Ковалевич,

аспирант кафедры информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

N. Listopad,

Head of Information Radio Technologies Department, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, PhD in Engineering, Professor, Minsk, Republic of Belarus

D. Kavalevich,

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

Дата поступления в редакцию — 25.08.2020 г.

Проведен анализ различных подходов к синтезу согласующих устройств. Разработана методика, позволяющая определить параметры согласующей цепи, которая учитывает особенности построения мобильных систем связи. Определен минимальный набор входных данных, необходимый для расчетов.

Various approaches analysis of the matching units synthesis is carried out. The matching circuit parameters determination technique that takes into account the peculiarities of the mobile communication systems building has been developed. The minimum set of input data required for calculations has been determined.

Ключевые слова: мобильные системы связи, активное и реактивное сопротивление, коэффициент стоящей волны, антенные согласующие устройства.

Keywords: mobile communication systems, active and reactive resistance, standing wave ratio, antenna-matching units.

Введение.

Синтез согласующего устройства (СУ) в общем случае состоит из двух этапов [1]:

- определение типа (либо нескольких типов) согласующей цепи (СЦ);
- определение диапазонов изменения номиналов элементов СЦ (нескольких СЦ).

Основными данными для синтеза являются:

- рабочий диапазон частот;
- параметры антенно-фидерного устройства (АФУ, зависимость сопротивления от частоты);
- допустимый коэффициент стоячей волны (КСВ) на входе СУ.

Для практической реализации устройства дополнительно необходимо задаться следующими параметрами:

- максимальная мощность на входе СУ;
- минимально допустимый коэффициент полезного действия (КПД) СУ.

Эти параметры необходимы для определения требуемой добротности элементов согласующей цепи, их рабочих напряжений и токов, а также для выбора коммутирующих элементов в случае их наличия.

В соответствии с этапами синтеза сначала должна быть выбрана СЦ, которая обеспечивает необходимую область согласования комплексных сопротивлений, то есть необходимую трансформацию входных сопротивлений АФУ, чтобы обеспечивались условия:

$$R_{\text{СУ}}(f) = R_r; X_{\text{СУ}}(f) = 0, \quad (1)$$

где $R_{\text{СУ}}(f)$ — активное сопротивление СУ на его на входе;

R_r — активное сопротивление генератора (источника);

$X_{\text{СУ}}(f)$ — реактивное сопротивление согласующего устройства.

Для обеспечения выполнения каждого равенства из условия согласования, могут быть использованы различные двухэлементные СЦ при независимой перестройке каждо-

го элемента [2]. Все они содержат минимально возможное число управляемых элементов. При этом наибольшей областью согласования обладают СЦ, у которых в компенсирующие и трансформирующие ветви включены элементы противоположных реактивностей либо элементы с распределенными параметрами [1]. Выбор варианта реализации СЦ производится с учетом необходимой области согласования, а также требований по фильтрации и КПД согласующей цепи.

На практике элементы СЦ реализуются в виде дискретных наборов [4, 5]. Это наиболее простой и универсальный способ получения требуемого диапазона изменения их номинала. Поэтому задачу синтеза целесообразно рассматривать применительно к согласующим цепям на дискретных элементах.

Необходимо также отметить, что дискретизация управляемых элементов согласующей цепи приводит к дополнительному остаточному рассогласованию, вызванному тем, что величины дискретных элементов могут отличаться от расчетных на величину шага дискретизации [1]. Величина шага дискретизации, как известно [1], значительно меньше минимального значения номинала согласующего элемента. Именно он обычно определяется из условия обеспечения заданного КСВ на входе СУ на максимальной частоте рабочего диапазона.

Возможны следующие варианты реализации СЦ на дискретных элементах:

- согласующая цепь на сосредоточенных элементах, на распределенных элементах либо гибридная;

- топология фильтра низких частот (ФНЧ) либо фильтра высоких частот (ФВЧ).

Для КВ-диапазона применение элементов с распределенными параметрами является нерациональным в связи с большой длиной волны. Помимо этого, работа с электрически короткими антеннами, обладающими высокой добротностью, связана с высокими напряжениями, что накладывает много ограничений на конструкцию элементов с распределенными параметрами.

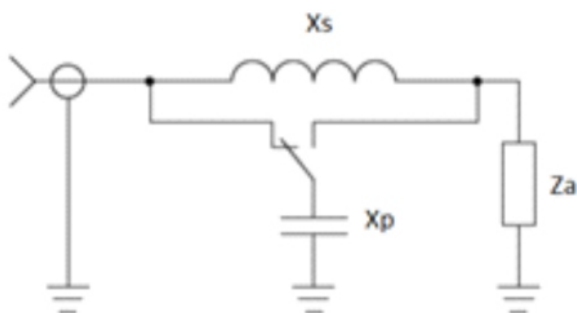


Рис. 1. СЦ в виде переключаемого Г-образного звена

Что же касается выбора структуры СЦ, то предпочтение следует отдать топологии ФНЧ, которая позволяет обеспечить дополнительную фильтрацию гармоник сигнала передатчика. Поэтому наибольшее распространение в серийных устройствах получила СЦ на сосредоточенных элементах [4, 5], которая представляет собой переключаемое Г-образное звено. В данных СЦ емкость может быть подключена как со стороны нагрузки, так и со стороны источника (рис. 1). В этом случае область согласования получается максимально возможной.

Методика синтеза СУ для мобильных систем связи.

Рассмотрим предлагаемую методику синтеза мобильных систем связи. Сам алгоритм включает в себя следующие этапы:

- определение зависимости комплексно сопряженных сопротивлений АФУ (нескольких АФУ) от частоты с учетом их рабочего диапазона;
- сравнение добротности антенны с добротностью используемых индуктивностей и корректировка активного сопротивления антенны с учетом потерь в них;
- расчет номиналов СЦ для максимального количества точек;
- поиск максимальных значений элементов;
- определение допустимого рассогласования, вносимого трансформирующим и компенсирующим элементом;
- расчет допустимого шага дискретизации для максимального количества точек;

- поиск минимального шага дискретизации;
- определение разрядности дискретно перестраиваемых элементов СЦ (аналогично [1]).

Определение зависимости комплексного сопротивления от частоты.

Чтобы точность расчетов была высокой, необходимо иметь как можно больше информации о зависимости сопротивления АФУ от частоты. Особенность использования мобильных систем состоит в том, что на параметры АФУ могут оказывать влияние условия ведения связи. Например, при использовании портативной радиостанции, радиосвязь может вестись из помещения и на открытой местности, на стоянке и в движении. Чтобы СУ обеспечивало требуемое качество согласования в любых условиях, в набор входных данных для синтеза необходимо включить все зависимости сопротивления от частоты, полученные при различных условиях ведения связи.

Учет потерь в индуктивностях.

Существует способ расчета номиналов согласующих элементов [3], который позволяет согласовать два произвольных активных сопротивления. Он основывается на равенстве добротностей Q_N двух комплексно сопряженных сопротивлений, которые образуются за счет последовательного соединения реактивного элемента одного знака с меньшим активным сопротивлением, и параллельного соединения реактивного элемента противоположного знака — с большим активным сопротивлением. Для случая электрически короткой антенны в нижней части коротковолнового диапазона расчетные формулы примут вид:

$$Q_N = \sqrt{\frac{R_0}{R_A} - 1}, \quad (2)$$

где R_0 — активное сопротивление передатчика;

R_A — активное сопротивление АФУ;

$$X_s = Q_N \cdot R_A, \quad (3)$$

где X_s — реактивное сопротивление согласующего элемента, включенного последовательно;

$$X_p = R_0/Q_N, \quad (4)$$

где X_p — реактивное сопротивление согласующего элемента, включенного параллельно.

Если сопротивление антенны комплексное, возможны два варианта: включение реактивности антенны X_A в согласующую цепь (комплексное сопротивление антенны расположено между точками B и C на рис. 2) либо ее компенсация комплексно сопряженной X_L (комплексное сопротивление антенны расположено между точками A и B):

$$X_L = -X_A. \quad (5)$$

Используя этот подход, еще до расчета номиналов СЦ можно определить номинал катушки индуктивности и учесть ее активное сопротивление, прибавив его к сопротивлению антенны:

$$R_L = X_L/Q_{ind}, \quad (6)$$

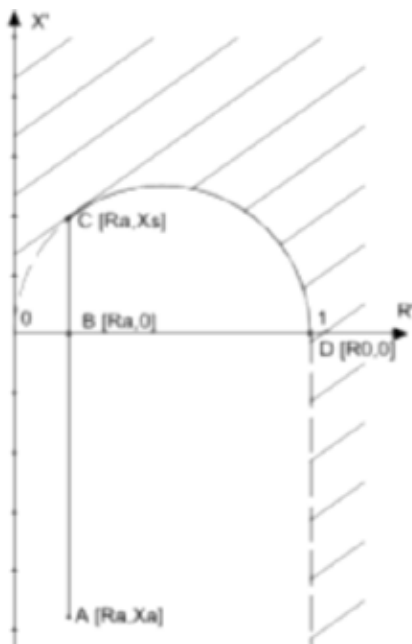


Рис. 2. Область допустимых сопротивлений нагрузки

где Q_{ind} — добротность используемых в СЦ катушек индуктивности;

$$R_A^* = R_A + R_L, \quad (7)$$

где R_A^* — скорректированное активное сопротивление АФУ.

Случай, при котором антенна обладает только активным сопротивлением, равно как и случай включения реактивности антенны в согласующую цепь, не требует корректировки значения активного сопротивления, так как потери в согласующих элементах при этом пренебрежимо малы.

Стоит отметить, что обратное Г-образное звено практически не подвержено влиянию этих потерь, так как катушка индуктивности в такой СЦ включена последовательно с относительно высоким сопротивлением источника.

Расчет номиналов элементов согласующей цепи.

Аналитический способ расчета номиналов элементов СЦ состоит из следующих действий:

- определение типа СЦ (при возможности использования нескольких СЦ);
- расчет номиналов трансформирующего и компенсирующего элементов.

В зависимости от положения точки с координатами нагрузки на комплексной плоскости сопротивлений (проводимостей), необходимо использование одной из возможных СЦ. Для выбора схемы, которая необходима в данном конкретном случае, потребуется выполнить ряд проверок. Так, для рассматриваемой реализации согласующего устройства (см. рис. 1), возможны два варианта включения трансформирующего и компенсирующего элементов.

Условия применения в качестве СЦ Г-звена:

$$G'_A \geq 1; R'_A \leq 1; \text{ при } X'_A \leq 0, \quad (8)$$

где G'_A, R'_A, X'_A — приведенные значения активной проводимости, активного сопротивления

ния и реактивного сопротивления АФУ соответственно.

Условия применения в качестве СЦ обратного Г-звена:

$$R'_A \geq 1; G'_A \leq 1; \text{ при } B'_A \leq 0, \quad (9)$$

где B'_A — приведенное значение реактивной проводимости АФУ.

Процесс согласования для случая установки емкости со стороны источника (Г-образное звено) заключается в трансформации активной проводимости нагрузки за счет последовательного включения с ней катушки индуктивности (трансформирующий элемент) до значения, равного активной проводимости источника. Суммарная реактивная проводимость при этом должна иметь индуктивный характер, чтобы ее можно было компенсировать параллельным включением емкости (компенсирующий элемент).

Индуктивность трансформирующего элемента в этом случае рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{X_{tr}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{\sqrt{R_A \cdot R_0 - R_A^2} - X_A}{2 \cdot \pi \cdot f}, \quad (10)$$

где X_{tr} — реактивное сопротивление трансформирующего элемента.

Емкость компенсирующего элемента можно определить следующим образом:

$$C = \frac{B_{comp}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{\sqrt{R_A \cdot R_0 - R_A^2}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_A \cdot R_0}, \quad (11)$$

где B_{comp} — реактивное сопротивление компенсирующего элемента.

Процесс согласования для случая установки емкости со стороны нагрузки (обратное Г-образное звено) заключается в трансформации активного сопротивления нагрузки за счет параллельного включения с ней конденсатора (трансформирующий элемент), до значения, равного активному сопротивле-

нию источника. Суммарное реактивное сопротивление при этом должно иметь емкостной характер, чтобы его можно было компенсировать последовательным включением катушки индуктивности (компенсирующий элемент).

Емкость трансформирующего элемента в этом случае можно вычислить, используя выражение:

$$C = \frac{B_{tr}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{\sqrt{G_a \cdot G_0 - G_a^2} - B_a}{2 \cdot \pi \cdot f}, \quad (12)$$

где B_{tr} — реактивное сопротивление трансформирующего элемента.

Далее находим индуктивность компенсирующего элемента СЦ:

$$L = \frac{X_{comp}}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{\sqrt{G_a \cdot G_0 - G_a^2}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot G_a \cdot G_0}, \quad (13)$$

где X_{comp} — реактивное сопротивление компенсирующего элемента.

Определение допустимого рассогласования.

Результирующий КСВ на входе СУ является функцией двух переменных:

- номинала трансформирующего элемента;
- номинала компенсирующего элемента.

Предположим в дальнейших расчетах, что неточность согласования обусловлена только одним из элементов. В этом случае требуется рассчитать допустимое рассогласование, вносимое шагом дискретизации каждого элемента в отдельности, таким образом, чтобы суммарное рассогласование не превысило допустимого.

На рис. 3 изображена окружность с радиусом, равным КСВ. Ее радиус задается максимально допустимым КСВ на входе СУ, обозначенным как SWR_{max} . Все точки, находящиеся внутри нее, образуют область допустимых приведенных значений комплексной проводимости на входе СУ.

Радиус окружности можно представить как вектор, состоящий из активной и реактивной составляющей проводимости:

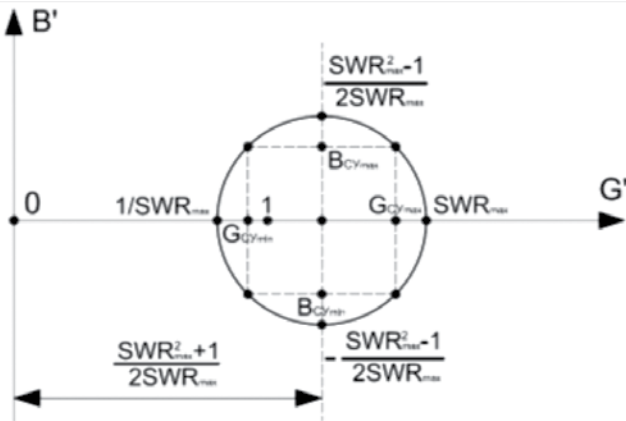


Рис. 3. Область допустимых значений проводимости на входе СУ

$$\left(\frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}\right)^2 = \left(k \cdot \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}\right)^2 + \left(\sqrt{1 - k^2} \cdot \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}\right)^2, \quad (14)$$

где k — весовой коэффициент, изменяющийся в диапазоне от 0 до 1, который определяет вклад элементов СЦ в результирующее согласование. Для равного вклада $k = 0,707$.

Определим допустимые значения приведенной активной (G'_{CYmin} , G'_{CYmax}) и реактивной (B'_{CYmin} , B'_{CYmax}) проводимости на входе СУ. Графически это координаты вершин прямоугольника, вписанного в окружность постоянного КСВ (рис. 3).

Для трансформирующего элемента Г-образного звена:

$$G'_{CYmin} = \frac{(1 - k) \cdot SWR_{max}^2 + (1 + k)}{2SWR_{max}}, \quad (15)$$

$$G'_{CYmax} = \frac{(1 + k) \cdot SWR_{max}^2 + (1 - k)}{2SWR_{max}}. \quad (16)$$

Для компенсирующего элемента Г-образного звена:

$$B'_{CYmax} = \sqrt{1 - k^2} \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}, \quad (17)$$

$$B'_{CYmin} = -\sqrt{1 - k^2} \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}. \quad (18)$$

По аналогии с Г-образным звеном определим допустимые значения приведенного активного (R'_{CYmin} , R'_{CYmax}) и реактивного

(X'_{CYmin} , X'_{CYmax}) сопротивления на входе СУ для обратного Г-образного звена. Для трансформирующего элемента:

$$R'_{CYmin} = \frac{(1 - k) \cdot SWR_{max}^2 + (1 + k)}{2SWR_{max}}, \quad (19)$$

$$R'_{CYmax} = \frac{(1 + k) \cdot SWR_{max}^2 + (1 - k)}{2SWR_{max}}. \quad (20)$$

Для компенсирующего элемента:

$$X'_{CYmax} = \sqrt{1 - k^2} \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}; \quad (21)$$

$$X'_{CYmin} = -\sqrt{1 - k^2} \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}. \quad (22)$$

Определение допустимого шага дискретизации.

Величина шага дискретизации ΔC и ΔL определяется допустимым отклонением значения фактического комплексного сопротивления на входе СУ от целевого. Целевые значения входного сопротивления СУ отражены в условии согласования (1).

Для компенсирующего элемента Г-образного звена:

$$\Delta B_1 = B'_{CYmax} - B'_{CYopt} = \sqrt{1 - k^2} \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}} - 0, \quad (23)$$

$$\Delta B_2 = B'_{CYopt} - B'_{CYmin} = 0 + \sqrt{1 - k^2} \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}, \quad (24)$$

$$\Delta B_1 = \Delta B_2 = \sqrt{1 - k^2} \frac{SWR_{max}^2 - 1}{2SWR_{max}}, \quad (25)$$

$$\Delta C = \frac{\Delta B' \cdot G_0}{2 \cdot \pi \cdot f}. \quad (26)$$

По аналогии для компенсирующего элемента обратного Г-образного звена получим:

$$\Delta L = \frac{\Delta X' \cdot R_0}{2 \cdot \pi \cdot f}. \quad (27)$$

Как видно из расчетов, допустимое отклонение номинала компенсирующего эле-

мента связано только с допустимым значением КСВ на входе СУ и рабочей частотой.

Для трансформирующего элемента Г-образного звена можно выделить два случая.

1. Активное приведенное сопротивление АФУ находится в диапазоне (точка А на рис. 4):

$$0 < R'_A \leq 1 / G'_{CYmax} \quad (28)$$

На основании принятого допущения о том, что компенсирующий элемент будет обеспечивать значение реактивного сопротивления на входе СУ с требуемой точностью, произведем расчет:

$$G'_{CY} = \frac{R'_A}{R_A'^2 + X_\Sigma'^2}, \quad (29)$$

где X'_Σ — суммарное реактивное сопротивление АФУ и трансформирующего элемента.

$$X_\Sigma'^2 = \frac{R'_A}{G'_{CY}} - R_A'^2, \quad (30)$$

$$X'_\Sigma = \sqrt{\frac{R'_A}{G'_{CY}} - R_A'^2}. \quad (31)$$

Для точки С определим оптимальное значение суммарного реактивного сопротивления:

$$X'_{\Sigma opt} = \sqrt{R'_A - R_A'^2}. \quad (32)$$

Для точки D определим максимально допустимое значение суммарного реактивного сопротивления:

$$X'_{\Sigma max} = \sqrt{\frac{R'_A}{G'_{CYmin}} - R_A'^2}. \quad (33)$$

Для точки В определим минимально допустимое значение суммарного реактивного сопротивления:

$$X'_{\Sigma min} = \sqrt{\frac{R'_A}{G'_{CYmax}} - R_A'^2}. \quad (34)$$

Рассчитаем допустимое отклонение сопротивления трансформирующего элемента:

$$\Delta X'_1 = X'_{\Sigma max} - X'_{\Sigma opt}, \quad (35)$$

$$\Delta X'_2 = X'_{\Sigma opt} - X'_{\Sigma min}. \quad (36)$$

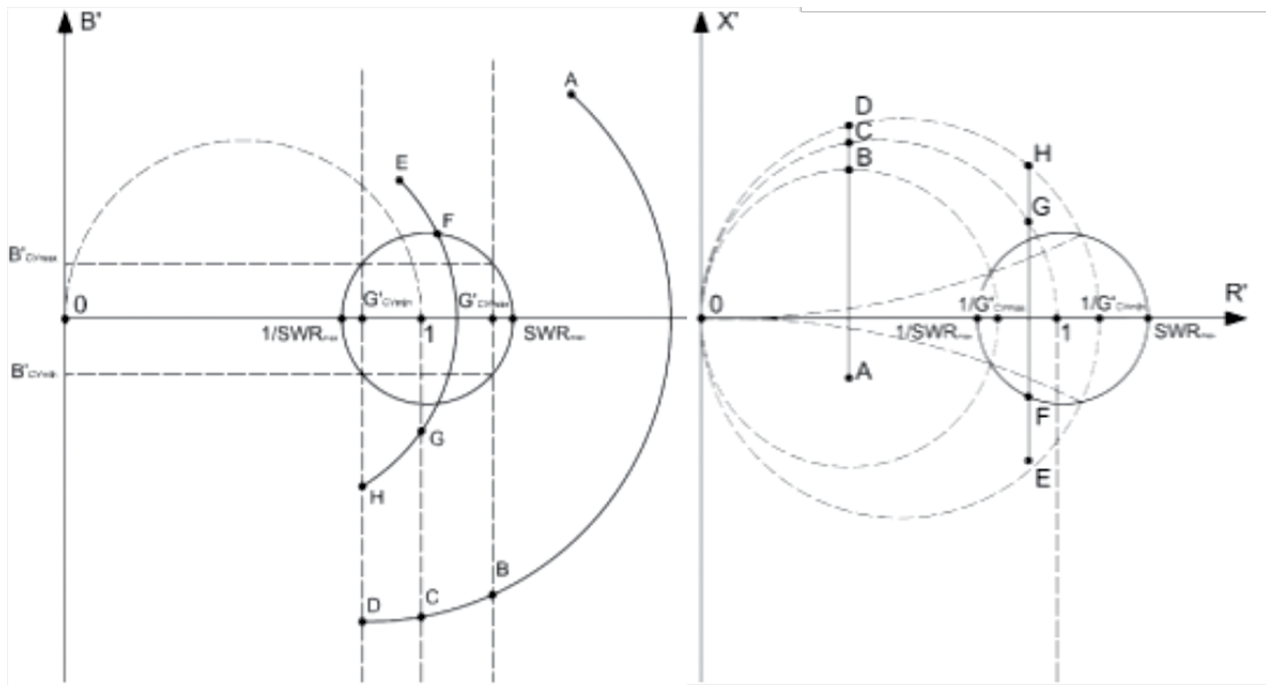


Рис. 4. Траектория изменения сопротивления и проводимости на входе СУ

Допустимый шаг дискретизации будет определяться наименьшим отклонением из двух, обозначенным $\Delta X'_{min}$:

$$\Delta X'_{min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \Delta L}{R_0}, \quad (37)$$

$$\Delta L = \frac{\Delta X'_{min} \cdot R_0}{2 \cdot \pi \cdot f}. \quad (38)$$

2. Активное приведенное сопротивление АФУ находится в диапазоне (точка Е на рис. 4):

$$1/G'_{CYmax} < R'_A \leq 1. \quad (39)$$

В этом случае для точки G:

$$X'_{\Sigma opt} = \sqrt{R'_A - R'^2_A}. \quad (40)$$

Для точки H:

$$X'_{\Sigma max} = \sqrt{\frac{R'_A}{G'_{CYmin}} - R'^2_A}. \quad (41)$$

Что касается минимально допустимого суммарного реактивного сопротивления, то оно имеет емкостной характер. Это означает, что компенсирующий элемент не используется, и согласующая цепь будет содержать только один элемент (трансформирующий), а значит, результирующее рассогласование будет определяться только его дискретизацией (точка F).

$$\left(\frac{SWR_{max} - 1}{SWR_{max} + 1} \right)^2 = \frac{(1 - R'_A)^2 + X'^2_{\Sigma}}{(1 + R'_A)^2 + X'^2_{\Sigma}}, \quad (42)$$

$$X'^2_{\Sigma min} = SWR_{max} \cdot R'_A + \frac{R'_A}{SWR_{max}} - 1 - R'^2_A, \quad (43)$$

$$X'_{\Sigma min} = -\sqrt{SWR_{max} \cdot R'_A + \frac{R'_A}{SWR_{max}} - 1 - R'^2_A}. \quad (44)$$

Далее с использованием выражений (35–38) определяется шаг дискретизации.

Стоит отметить, что существует диапазон значений сопротивлений АФУ, в котором может быть использована СЦ, как только с трансформирующим, так и с двумя согласующими элементами:

$$\frac{1}{SWR_{max}} < R'_A \leq 1/G'_{CYmax}, \quad (45)$$

По аналогии рассмотрим два случая для обратного Г-образного звена.

1. Активная приведенная проводимость АФУ находится в диапазоне:

$$0 < G'_A \leq 1/R'_{CYmax}, \quad (46)$$

Оптимальное, максимальное и минимальное значение суммарной приведенной реактивной проводимости при этом можно определить при помощи выражений:

$$B'_{\Sigma opt} = \sqrt{G'_A - G'^2_A}, \quad (47)$$

$$B'_{\Sigma max} = \sqrt{\frac{G'_A}{R'_{CYmin}} - G'^2_A}, \quad (48)$$

$$B'_{\Sigma min} = \sqrt{\frac{G'_A}{R'_{CYmax}} - G'^2_A}. \quad (49)$$

Рассчитаем допустимое отклонение проводимости трансформирующего элемента:

$$\Delta B'_1 = B'_{\Sigma max} - B'_{\Sigma opt}, \quad (50)$$

$$\Delta B'_2 = B'_{\Sigma opt} - B'_{\Sigma min}. \quad (51)$$

Шаг дискретизации будет определяться наименьшим отклонением из двух:

$$\Delta B'_{min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot \Delta C}{G_0}, \quad (52)$$

$$\Delta C = \frac{\Delta B'_{min} \cdot G_0}{2 \cdot \pi \cdot f}. \quad (53)$$

2. Активная приведенная проводимость АФУ находится в диапазоне:

$$1/R'_{CYmax} < C'_A \leq 1. \quad (54)$$

В этом случае:

$$B'_{\Sigma opt} = \sqrt{G'_A - G'^2_A}, \quad (55)$$

$$B'_{\Sigma max} = \sqrt{\frac{G'_A}{R'_{CYmin}} - G'^2_A}, \quad (56)$$

$$B'_{\Sigma min} = -\sqrt{SWR_{max} \cdot G'_A + \frac{G'_A}{SWR_{max}} - 1 - G'^2_A}. \quad (57)$$

Затем с использованием выражений (50–53) определяется допустимый шаг дискретизации.

В качестве примера ниже произведен синтез элементов СУ для штыревой антенны длиной 2,4 м, расположенной на корпусе носимой радиостанции. Параметры антенны и результаты промежуточных вычислений приведены в таблице. Для синтеза использовались следующие исходные данные:

- $SWR_{max} = 3$;
- $Q_{ind} = 200$;
- $k = 0,707$.

Параметры синтезированного СУ:

- тип СЦ: переключаемое Г-звено;
- количество разрядов набора катушек индуктивности: 12;
- количество разрядов набора конденсаторов: 9;
- значение младшего разряда набора катушек индуктивности: 75 нГн;
- значение младшего разряда набора конденсаторов: 6,3 пФ.

Заключение.

Разработана методика синтеза СУ для мобильных систем связи, позволяющая полу-

чить минимально возможный диапазон перестройки элементов СЦ по зависимости изменения комплексного сопротивления АФУ от частоты. Предложенная методика позволяет производить расчет номиналов элементов согласующей цепи, определять допустимое расхождение и допустимый шаг дискретизации, учитывая при этом все зависимости сопротивлений и проводимостей СУ от частоты, полученные при различных условиях ведения связи. В качестве примера произведен синтез СУ мобильной радиостанции с использованием описанной методики.

Литература:

1. Бабков, В. Ю. Основы построения устройств согласования антенн / В. Ю. Бабков, Ю. К. Муравьев. — ВАС, 1980. — 240 с.
2. Лапицкий, Е. Г. Расчет диапазонных радиопередатчиков / Е. Г. Лапицкий, А. М. Семенов, Л. Н. Соновкин. — Л., 1974. — 272 с.
3. Grebennikov, A. RF and microwave power amplifier design / A. Grebennikov. — New York, 2004. — 420 p.
4. HF + 50MHz Automatic Antenna Tuner AH-4. Service manual. — ICOM, 1998. — 23 p.
5. CU-2397/G. Fast Tune Automatic Antenna Coupler. Instruction manual. — HARRIS RF Communications, 1987. — 128 p.

Параметры АФУ и результаты вычислений

f, кГц	R _A , Ом	X _A , Ом	R' _A , Ом	Тип СЦ	L, нГн	C, пФ	ΔL, нГн	ΔC, пФ
1500	10,1	-1832	19,26	Г-звено	196 963	2681	704,34	2001,0
2000	6,13	-1408	13,17	Г-звено	113 798	2662	406,40	1500,8
2800	3,01	-1051	8,27	Г-звено	60 796	2555	218,47	1072,0
3900	1,72	-714	5,29	Г-звено	29 765	2373	121,93	769,6
5600	7,1	-511	9,66	Г-звено	15 084	1162	119,73	536,0
6000	8,38	-458	10,67	Г-звено	12 692	1019	118,71	500,3
7500	8,47	-340	10,17	Г-звено	7642	840	92,23	400,2
9500	10,56	-247	11,80	Г-звено	4494	603	79,77	315,9
12 000	14,47	-171	15,33	Г-звено	2574	399	74,87	250,1
15 000	20,76	-160	21,56	Г-звено	1960	244	76,81	200,1
20 000	35,6	-129	36,25	Г-звено	1204	98	96,76	150,1
25 000	68,8	53	68,80	обратное	348	108	300,15	19,3
30 000	121,3	209	121,30	обратное	779	51	250,13	6,3

УДК 621.396.677.494.

РАЗРАБОТКА, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКИХ РАДИОПРОЗРАЧНЫХ ЭКРАНОВ ДЛЯ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

DEVELOPMENT, MANUFACTURE AND RESEARCH OF FLAT RADIO TRANSPARENT SCREENS FOR PHASED ANTENNA ARRAYS

А. Г. Будай,

заведующий лабораторией прикладной электродинамики НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ, канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

А. П. Гринчук,

старший научный сотрудник лаборатории прикладной электродинамики НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ, канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

А. В. Громыко,

старший научный сотрудник лаборатории прикладной электродинамики НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

В. П. Кныш,

ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной электродинамики НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

A. Budai,

Head of Applied Electrodynamics Laboratory, A. N. Sevchenko Research Institute of Applied Physical Problems, Belarusian State University, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

A. Grinchuk,

Senior Research Associate, A. N. Sevchenko Research Institute of Applied Physical Problems, Belarusian State University, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

A. Hramyuka,

Senior Research Associate, A. N. Sevchenko Research Institute of Applied Physical Problems, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus.

V. Knysh,

Leading Researcher, A. N. Sevchenko Research Institute of Applied Physical Problems, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 25.08.2020 г.

В статье приводятся результаты проектирования и экспериментальных исследований изготовленных фрагментов плоских радиопрозрачных экранов различных конструкций и систем антенна — укрытие.

The article presents the results of design and experimental research of the manufactured fragments of flat radio-transparent screens of various designs and antenna-shelter systems.

Ключевые слова: антенная система, радиопрозрачный экран, система антенна — укрытие, частотно-селективная структура.

Keywords: antenna system, radio transparent screen, antenna-shelter system, frequency-selective structure.

Введение.

Для защиты излучающей апертуры антенн, установленных на реальных объектах, от влияния внешних воздействий, в первую очередь метеофакторов, используются радиопрозрачные укрытия. В зависимости от

конкретного применения на различных объектах формы и размеры укрытий существенно отличаются. Они могут иметь форму плоского экрана, поверхностей двойной кривизны и т. д. Особый класс укрытий представ-

ляет собой носовые укрытия антенн летательных аппаратов — обтекатели, при этом к укрытию предъявляются многочисленные требования по радиопрозрачности, устойчивости к внешним воздействиям, в том числе и механическим, массогабаритным параметрам, долговременной надежности, технологичности, стоимости и т. д.

Радиопрозрачность стенки укрытия определяется коэффициентом прохождения $K_{\text{пр}} = E_{\text{пр}}/E_{\text{пад}}$, где $K_{\text{пр}}$ — коэффициент прохождения (КП), $E_{\text{пад}}$ — амплитуда или мощность падающей волны на экран, $E_{\text{пр}}$ — амплитуда или мощность волны, прошедшей через экран. Строго говоря, понятие КП справедливо лишь для случая, когда на экран бесконечных размеров нормально падает плоская волна. При таком определении КП задается числом меньше единицы и определяет уменьшение амплитуды или мощности падающей волны при прохождении сквозь экран.

В реальных условиях конечных геометрических размеров, неплоскости поверхности укрытия, а также с учетом того, что, как правило, стенка укрытия располагается в ближней зоне укрываемой антенны, понятие КП носит обобщенный интегральный характер и позволяет лишь качественно оценить радиопрозрачность укрытия. Более универсальной характеристикой любого укрытия вне зависимости от его формы, является степень влияния укрытия на характеристики укрываемой антенны. Такой подход позволяет учесть различные механизмы взаимодействия укрытия и укрываемой антенны — поглощение или потери в стенках укрытия, вносимые фазовые сдвиги, переотражения между укрываемой антенной и стенкой укрытия, дифракции на гранях антенны, укрытия, конструктивных элементах и др. В этом случае указанная степень влияния описывается комплексной функцией, зависящей от частоты, углов падения, габаритов, геометрии наружной и внутренней поверхности укрытия и других параметров, причем по величине она может быть как меньше, так и больше единицы (в области

боковых лепестков). То есть при таком подходе целесообразно рассматривать поле излучения системы антенна — укрытие на некоторой поверхности вне укрытия в виде:

$$E_{\text{сист.}} = E_{\text{св.ан.}} + E_{\text{рас.}}$$

где $E_{\text{сист.}}$ — поле излучения системы антенна — укрытие;

$E_{\text{св.ант.}}$ — поле излучения свободной антенны на той же поверхности.

Назовем $E_{\text{рас.}}$ полем рассеяния укрытия.

Излучающие апертуры фазированных антенных решеток (ФАР) СВЧ-диапазонов представляют собой, как правило, плоские раскрыты, выполненные на основе щелевых или печатных излучателей. Очевидно, что и радиопрозрачные укрытия для таких конструкций в основном являются плоскими экранами. Несмотря на кажущуюся простоту конструкции, в этом случае предъявляются очень высокие требования к радиопрозрачности экрана, поскольку, наличие в ближней зоне отраженной волны даже небольшой амплитуды с волновым фронтом, параллельным фронту излучаемой волны, может привести к существенным искажениям характеристик системы антенна — укрытие, по сравнению с характеристиками свободной антенны.

Кроме защиты антенных систем от внешних воздействий, экраны могут выполнять и другие функции, в частности, выступать в роли частотных или пространственных фильтров. В этих случаях радиопрозрачные экраны выполняются с использованием частотно-селективных структур (ЧСС), представляющих собой дифракционные решетки на основе щелей различной формы в металлических экранах [1].

Целью данной работы явилась разработка, изготовление и исследование характеристик плоских радиопрозрачных экранов с высокими электромагнитными параметрами.

Широкополосный радиопрозрачный экран.

В качестве основы для проектирования радиопрозрачных экранов выбрана класси-

ческая конструкция трехслойной стенки [1, 2]. Такая конструкция состоит из двух тонких, но жестких, наружных слоев и внутреннего слоя с малым значением диэлектрической проницаемости. Каждый наружный слой должен быть тонким, чтобы с точки зрения электродинамики его толщина была мала и он мог рассматриваться как единая отражающая поверхность. Внутренний слой должен обеспечивать расстояние между наружными слоями, равное четверти длины волны на рабочей частоте. В этом случае волны, отраженные от наружных слоев стенки экрана, будут сдвинуты по фазе на 180° и при сложении в некоей точке пространства взаимно компенсируют друг друга. Естественно, полная компенсация наблюдается лишь при нормальном падении волны на плоский экран. При наклонных падениях полной компенсации не наблюдается из-за дополнительного фазового сдвига, поскольку путь волны в промежуточном слое увеличивается пропорционально $1/\cos\varphi$, где φ — угол падения. Кроме увеличения разности хода, на величину дополнительного фазового сдвига влияет и диэлектрическая проницаемость материала (ϵ') промежуточного слоя, увеличивая ее и тем самым ухудшая угловую дисперсию. Поэтому внутренний слой делают из материала с малым ϵ' . Такая трехслойная конструкция проста в изготовлении, технологична, имеет хорошие электромагнитные свойства в достаточно широкой полосе частот и диапазонах углов падения для различной поляризации падающей волны.

Для изготовления фрагментов экранов в качестве внешних слоев взят листовой стеклотекстолит толщиной 0,5 мм, для внутреннего слоя — пенополистирол толщиной 8 мм. Были изготовлены несколько вариантов фрагментов стенок укрытий. В процессе изготовления определялось необходимое количество клея на единицу площади, отработывались технологии нанесения равномерного слоя клея на всю поверхность, обеспечения равномерного распределения прижимающей нагрузки, время сушки и т. д. Тех-

нологическая оснастка использовалась самая простая — поверхность стола и груз свинцовых кирпичей. Максимальный размер фрагментов составлял 550×550 мм. Основной проблемой являлось обеспечение абсолютно плотного прилегания слоев друг к другу по всей площади фрагмента экрана. Локальные области неплотного прилегания слоев не только существенно ухудшали электромагнитные свойства стенок, но и снижали механическую прочность, а также могли стать в реальных условиях местами деструкции стенки при попадании и замерзании воды.

Для измерения радиопрозрачности изготовленных образцов был собран измерительный стенд, состоящий из приемной и передающей антенн, радиопоглощающего экрана с окном для установки исследуемого образца и измерительного прибора (рис. 1). Антенны и экран устанавливались в небольшой безэховой камере. Измерения проводились в полосе частот с использованием векторного анализатора MS4642B. Измерялись параметры S_{11} и S_{12} . При измерениях S_{11} проводилась нормировка к полностью отражающему металлическому листу аналогичных размеров, при измерениях S_{12} — к свободному окну в поглощающем экране. Величины отраженного сигнала в первом случае и прошедшего во втором приняты за единицу. Программное обеспечение векторного анализатора позволяет проводить измерения параметров S_{11} и S_{12} относительно соответствующих величин, принятых за единицу. В этом случае измеренное значение параметра S_{11} равно коэффициенту отражения, а значение параметра S_{12} — коэффициенту прохождения. Проведенный достаточно большой объем экспериментальных исследований показал, что реально достижимый коэффициент прохождения для таких фрагментов при нормальном падении лежит в пределах 0,9–0,95 в широкой полосе частот, что является неплохим результатом. Однако, как указывалось выше, для конкретной задачи экрана для плоской апертуры ФАР желательно иметь более высокие значения радиопрозрачности.

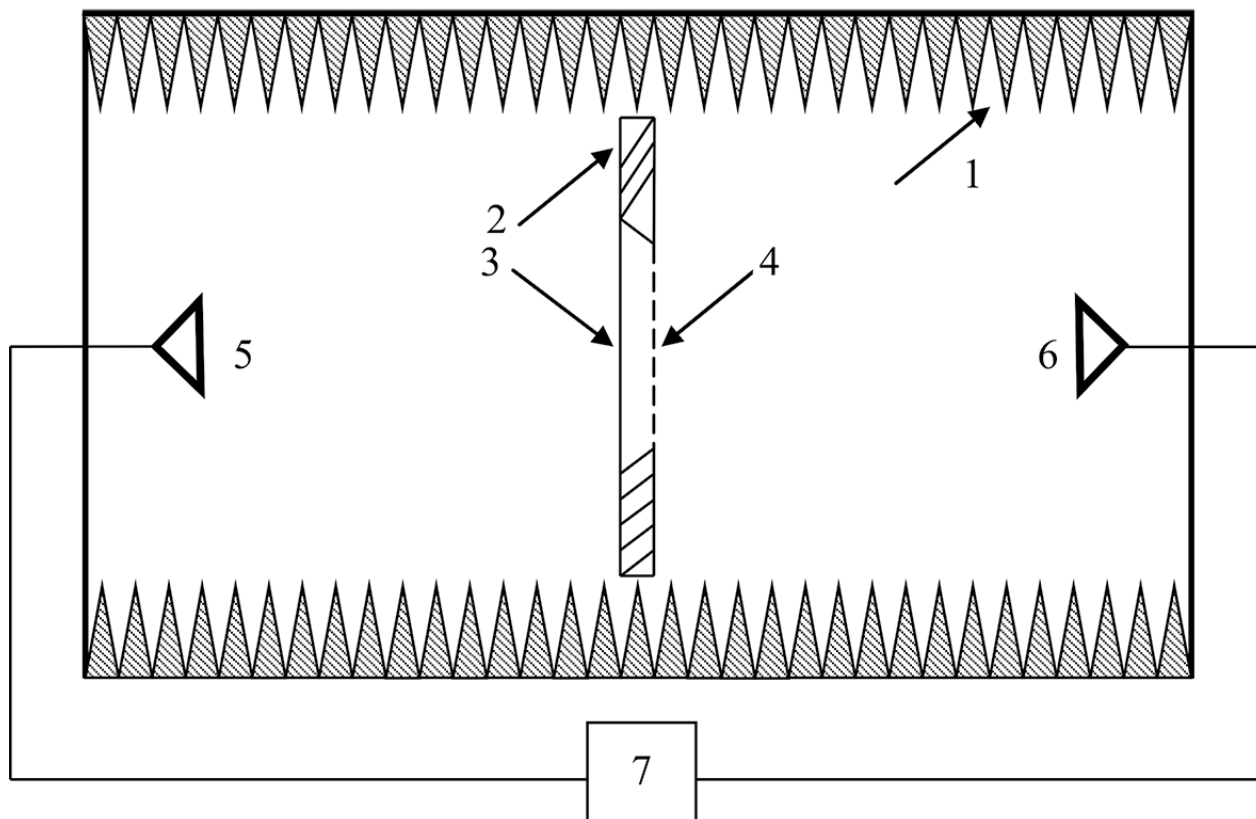
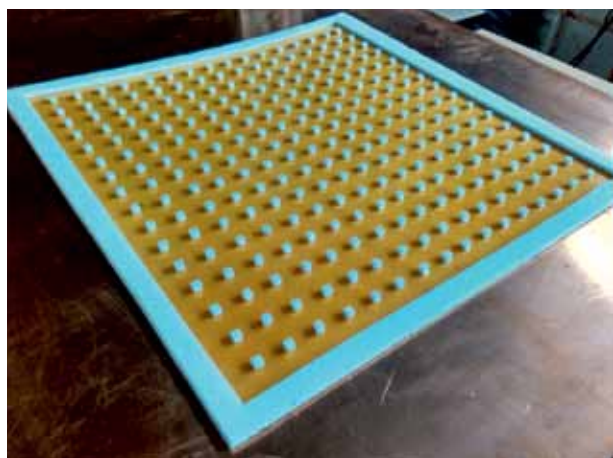


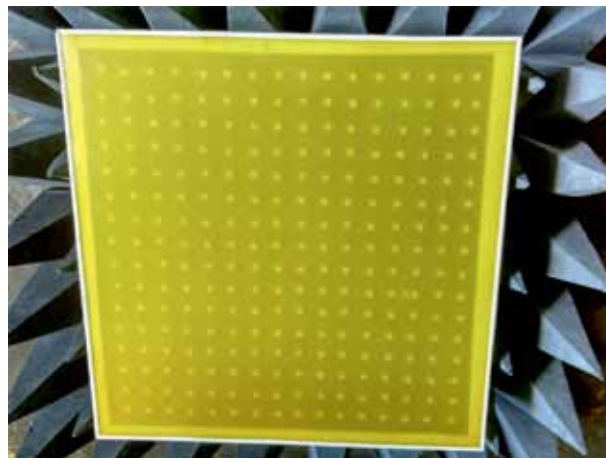
Рис. 1. Структурная схема измерительного стенда для измерения параметров плоских фрагментов экранов:
 1 — беззювая камера, 2 — поглощающий экран с окном, 3, 4 — исследуемый образец, 5 — облучающая антенна, 6 — приемная антенна, 7 — векторный анализатор

Для этого предложена другая конструкция сэндвича, в которой сплошной внутренний слой заменен отдельно стоящими столбиками (рис. 2). В реализованных образцах столбики из пенополистирола сечением

$8 \times 8 \times 7,5$ мм располагались в узлах прямоугольной сетки с шагом около длины рабочей волны. Выбор такой конфигурации расположения столбиков был достаточно свободным, однако толщина и жесткость на-



a



b

Рис. 2. Внешний вид фрагмента стенки укрытия на этапе изготовления (*a*) и полностью собранного (*b*)

ружных слоев и шаг расположения столбиков обеспечивали достаточно хорошее воспроизведение по площади общей толщины сэндвича, близкой к четверть волновому слою, при этом мест не плотного прилегания слоев (непроклеек) обнаружено не было. Фазовые неоднородности, вызванные наличием дополнительного слоя клея, локальны и слабо влияют на фазовый сдвиг прошедшей волны. В результате коэффициент прохождения образцов такой конструкции составлял не менее 0,95. На рис. 3 приведены измеренные значения S_{21} в полосе частот 9–10 ГГц для экрана размером 550×550 мм при нормальном падении. Наличие быстрых флуктуаций, обеспечивающих на некоторых частотах величины $S_{12} > 1$, объясняется пространственной интерференционной картиной за счет переотражений между плоским

экраном и антеннами. В целом величины КП больше 0,95.

С использованием изготовленных фрагментов стенок укрытий со сплошным и столбиковым внутренним слоем проведен ряд экспериментов по воздействию влаги и низких температур. Для этого фрагменты на несколько дней (от 1 до 5) погружались в ванны с водой, а также помещались в морозильную камеру при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для определения абсорбции влаги перед погружением и после него образцы взвешивались, затем в процессе естественной сушки измерялись S-параметры. То же самое проводилось и при замораживании.

Получено:

1. Поскольку используемый пенополистирол имеет замкнутые поры, заметной абсорбции воды не наблюдалось. Вода скапли-

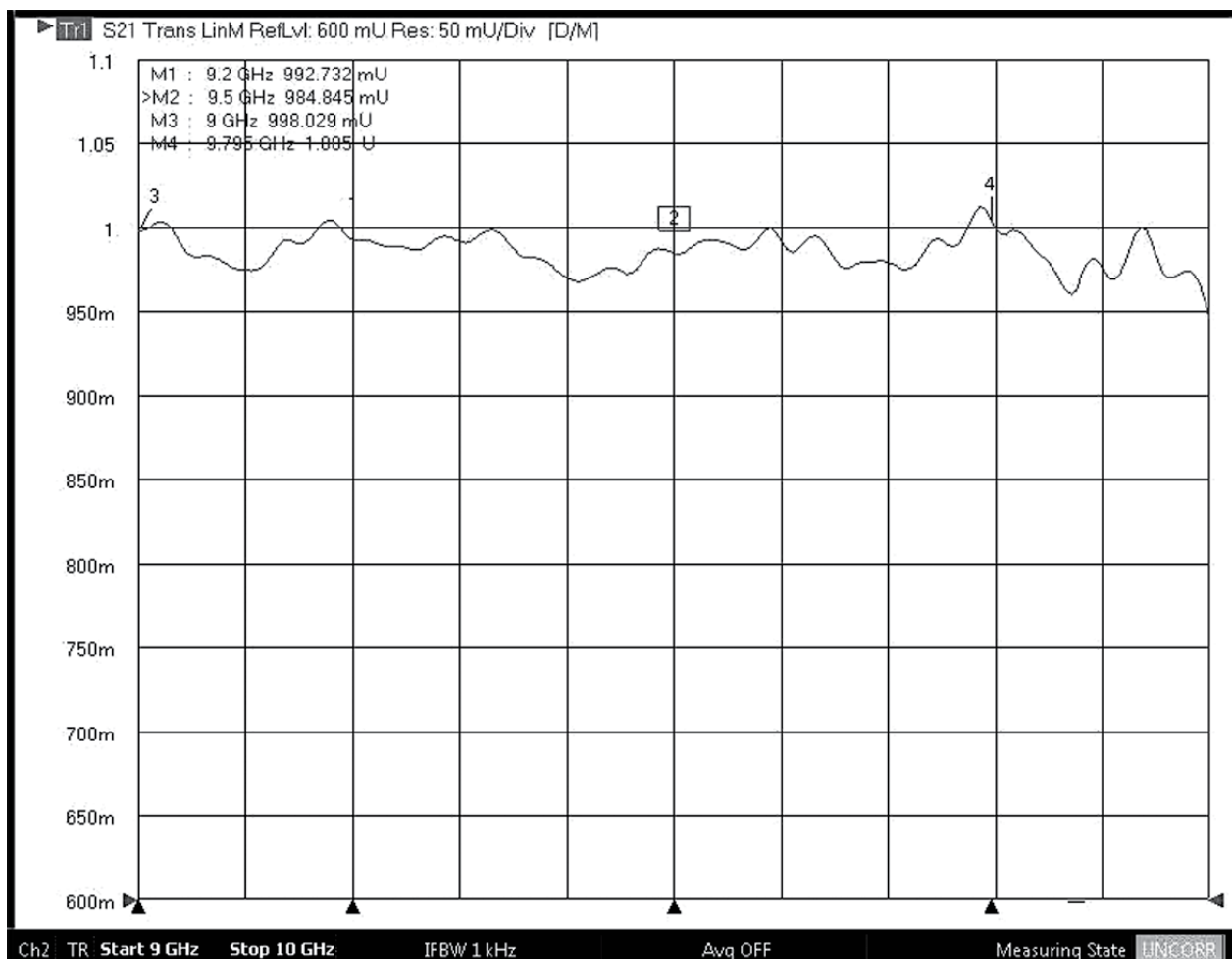


Рис. 3. Зависимость параметра S_{21} в полосе частот

валась на поверхности наружных слоев, что, естественно, снижало значение КП, однако после высыхания (или устранения пленки воды) значения КП возвращались к исходному. Значительно хуже, когда вода просачивалась в непроклеенные места. В этом случае ее удаление из этих мест требовало значительно больше времени.

2. Поскольку в качестве клея использовалась эпоксидная смола, которая также используется при изготовлении стеклотекстолита, то воздействие низких температур не приводит к появлению температурных напряжений и деструкции стенок.

В целом предложенная конструкция трехслойного сэндвича со столбиками оказалась наиболее удачной, поскольку внутренний слой полый и при необходимости может вентилироваться, в том числе и подогретым воздухом.

Были также проведены эксперименты на механические воздействия, в том числе на разрушение конструкции стенки. В промежутки между рядами столбиков помещались две опорные планки и еще одна, к которой прикладывалось усилие на отрыв. Получено, что два ряда из 18 столбиков сечением 8×8 мм выдерживали усилие на отрыв > 3 кг. Отрыв происходил при нагружении 3,3–3,4 кг, причем отрыв происходил с крупинками пенополистирола, и не чисто клево-

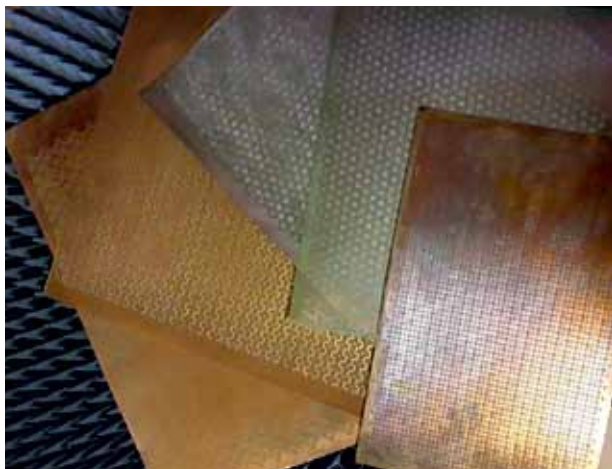


Рис. 4. Фрагменты некоторых дифракционных структур с различными формами щелей

го шва. Таким образом, для изготовленных образцов усилие на отрыв составляет около 100 г на каждый столбик, то есть предложенная конструкция имеет хорошие прочностные параметры.

Радиопрозрачный экран на основе частотно-селективных структур.

Частотно селективные структуры позволяют создавать экраны, решающие задачи пространственно-частотной фильтрации, то есть обеспечить требуемые величины коэффициентов прохождения и отражения в заданном частотном диапазоне, вплоть до создания заградительных фильтров в достаточно узкой полосе частот. Наиболее технологичным способом создания подобных экранов является использование дифракционных структур, состоящих из периодических решеток рассеивающих элементов или щелей различной конфигурации в металлическом экране (рис. 4) [1].

На основе дифракционных структур из узких прямоугольных щелей был изготовлен и исследован фрагмент радиопрозрачного экрана, представляющий собой трехслойную конструкцию, включающую две панели ЧСС с диэлектрической пластиной между ними (рис. 5). В качестве межслойного заполнителя использовалась пластина из пенополистирола, аналогично широкополосному экрану. Такая конструкция обладает механической жесткостью и имеет более крутые спады частотной характеристики, по сравнению с одиночной ЧСС. При толщине промежуточного слоя более 0,15 длины падающей волны КП экрана практически равен произведению коэффициентов прохождения наружных слоев и не зависит от взаимного расположения щелей в решетках отдельных ЧСС.

Измерения коэффициента прохождения фрагмента экрана проводились в диапазоне 8–12 ГГц. Угол падения волны на фрагмент изменялся в плоскости вектора \vec{E} в пределах 0–45°. На рис. 6 приведена частотная зависимость S_{12} при нормальном падении.

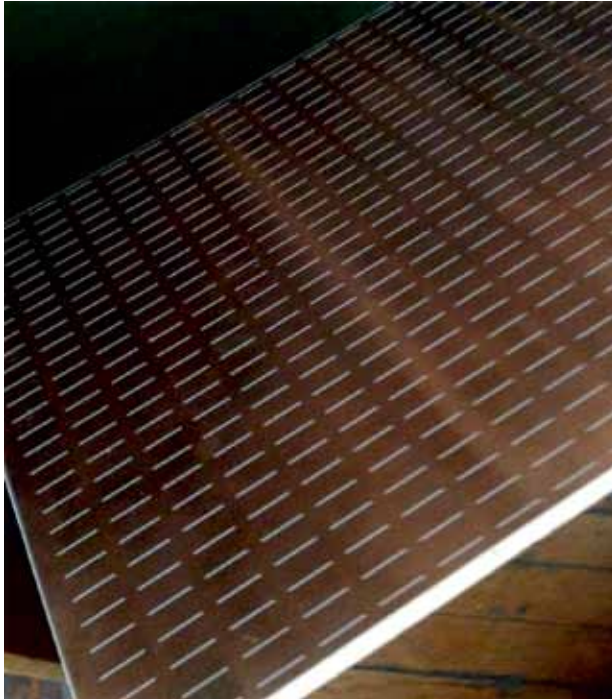


Рис. 5. Фрагмент частотно-селективного радиопрозрачного экрана

Получено:

- при нормальном падении величина КП в полосе частот 9,35–9,95 ГГц лежит на уровне 0,97–0,98;

- при углах падения до 45° коэффициент прохождения по полю не хуже 0,92.

Одно из применений разработанной конструкции экрана — снижение радиозаметности ФАР вне рабочей полосы частот. Идея состоит в том, что подобный экран устанавливается под некоторым углом (в одной или двух плоскостях) по отношению к плоской апертуре антенны. Параметры экрана в рабочей полосе частот при этом практически не влияют на характеристики укрываемой антенны. Если же система антенна — укрытие облучается внешним зондирующим сигналом вне рабочей полосы частот, то экран формирует отраженный сигнал под углом к направлению облучения, значительно

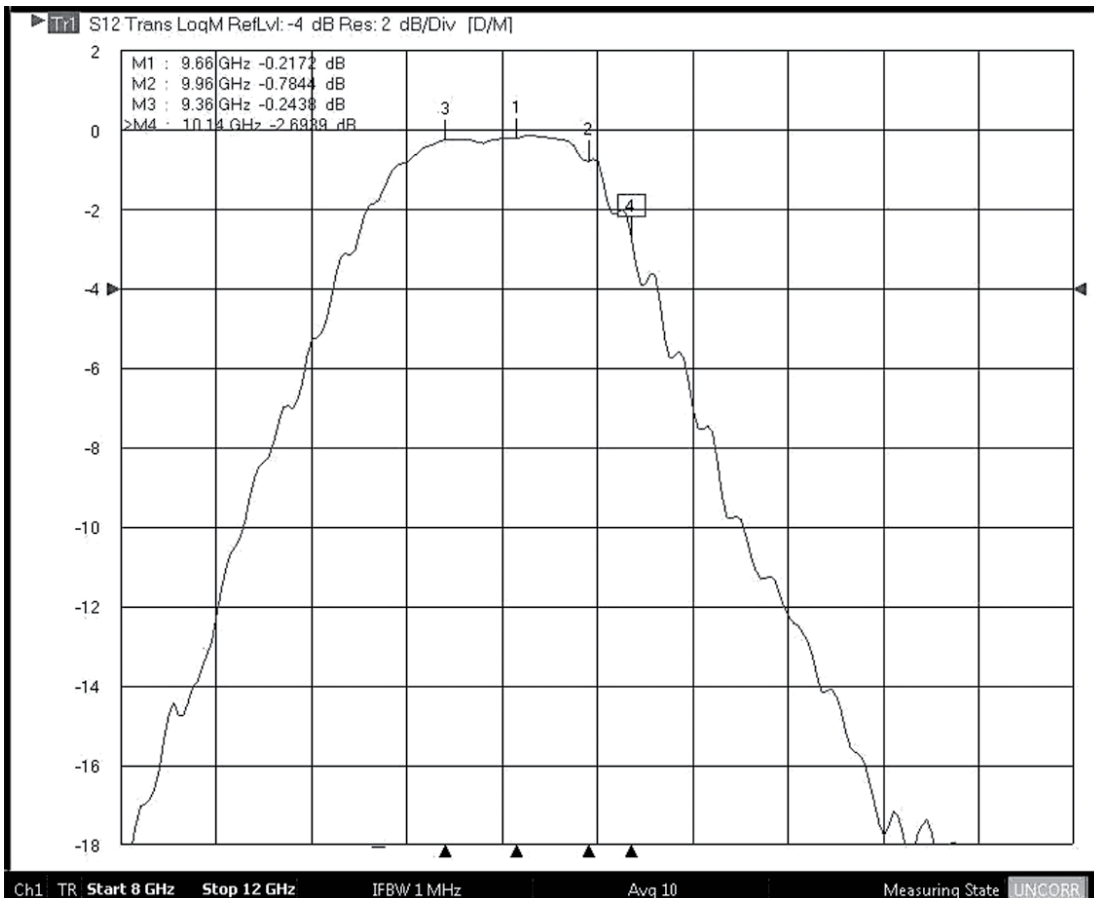


Рис. 6. Частотная зависимость коэффициента прохождения фрагмента. Нормальное падение



Рис. 7. Экспериментальные образцы подрешеток совместно с плоскими экранами

снижая тем самым величину эффективной площади рассеяния антенной системы при моностатической локации.

Экспериментальные исследования системы антенна — укрытие.

Экспериментальные исследования системы антенна — укрытие проводилось в целях определения степени влияния экрана на характеристики свободной антенны. Исследования проводились с использованием плоских фрагментов экранов предложенной выше конструкции совместно с экспериментальными образцами подрешеток ФАР, изготовленными на основе печатных вибраторов с синфазной запиткой двух размеров: 16×4 и 8×8 элементов (рис. 7). Конструктивно нижние слои экранов приподняты над излучающей апертурой подрешеток на 8 мм.

Исследования проводились с использованием стендов измерительного компактного полигона [3]. На рис. 8 представлены амплитудно-фазовые распределения (АФР) полей в апертуре свободной подрешетки размером 16×4 элемента (пересчитанные с использованием разработанного алгоритма по результатам измерения на плоскости [4]), сечения АФР полей свободной подрешетки и подрешетки с экраном, а также сечение амплитудного распределения поля рассеяния экрана.

Из полученных результатов следует, что степень влияния укрытия на амплитудное распределение наблюдается на уровне и ниже -30 дБ. Стенка вносит равномерный

фазовый сдвиг на уровне 13° фазы, что достаточно хорошо коррелирует со слоем пенополистирола при величине диэлектрической проницаемости порядка 1,2. Учтя эту фазовую поправку, получаем картину поля рассеяния. На рис. 8 амплитуда поля рассеяния нормирована к амплитуде измеренного поля свободной решетки. Сравнение рассчитанных диаграмм направленности показало, что в области главного лепестка КП имеет величину $> 0,98$. Аналогичные результаты получены и для подрешетки размерами 8×8 излучателей.

Экспериментальные исследования параметров экрана на основе частотно-селективных структур проводились немного иначе. Экран устанавливался в окно радиопоглощающей панели (рис. 9) и облучался с помощью широкополосной антенны Пб-23. Прошедшее поле сканировалось непосредственно за экраном на расстоянии нескольких длин волн. Измерения проводились на нескольких частотах, как в полосе прозрачности экрана, так и вне ее. Для определения степени влияния экрана на каждой частоте измерялось АФР поля, прошедшего через свободное окно и окно с установленным экраном. Далее с учетом фазового сдвига, вносимого экраном, рассчитывалось АФР поля рассеяния экрана. Результаты эксперимента показали, что в пределах полосы пропускания экран имеет достаточно высокую радиопрозрачность и вносит небольшой фазовый сдвиг на уровне 10° фазы при нормальном падении, что хорошо коррелирует с параметрами широкополосного

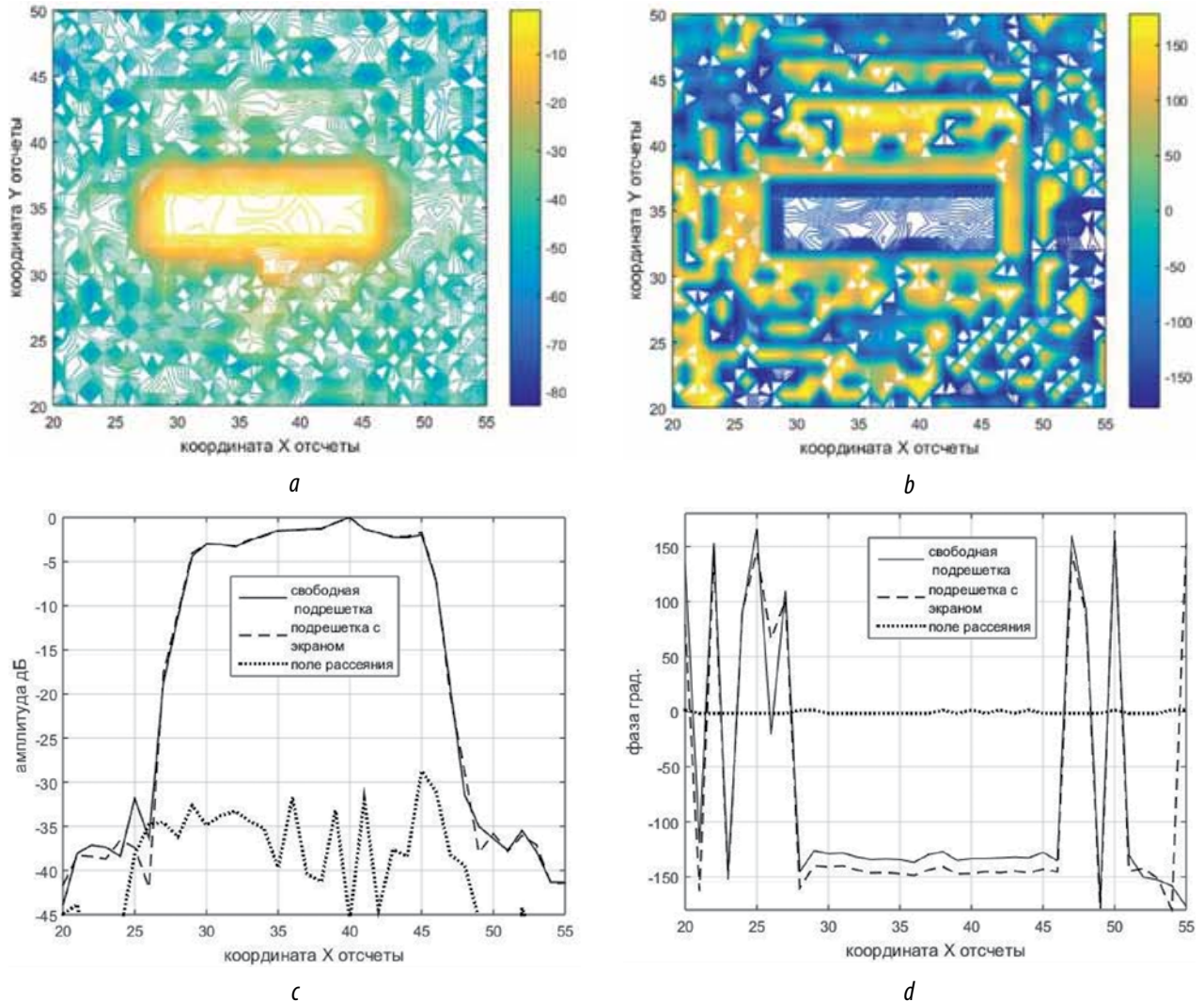


Рис. 8. АФР полей в апертуре свободной подрешетки (a, b); сечения АФР полей свободной подрешетки и подрешетки с экраном, а также сечение амплитудного распределения поля рассеяния (c, d)

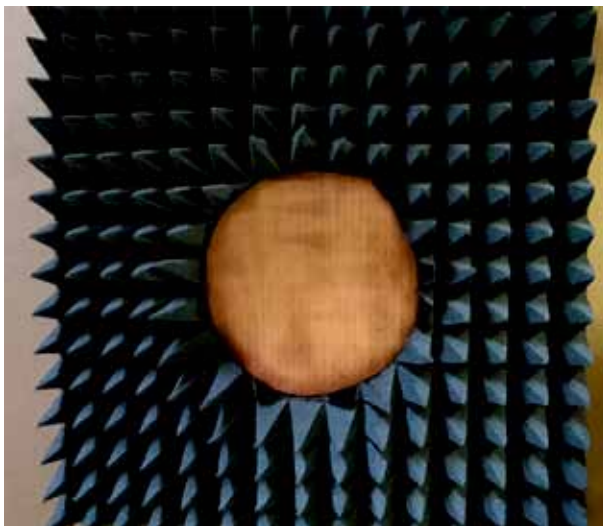


Рис. 9. Фрагмент экрана, установленный в окне радиопоглощающей панели

экрана. Вне рабочей полосы КП резко падает, а вносимый фазовый сдвиг составляет десятки и сотни градусов фазы в зависимости от частоты (рис. 10).

Учитывая предполагаемое размещение частотно-селективного экрана под углом к плоской апертуре укрываемой антенны, можно считать, что несколько большее значение поля рассеяния этого экрана по сравнению с широкополосным, незначительно скажется на характеристиках системы антенна — укрытие.

Заключение.

Предложены конструкции, разработаны, изготовлены фрагменты плоских радиопрозрачных

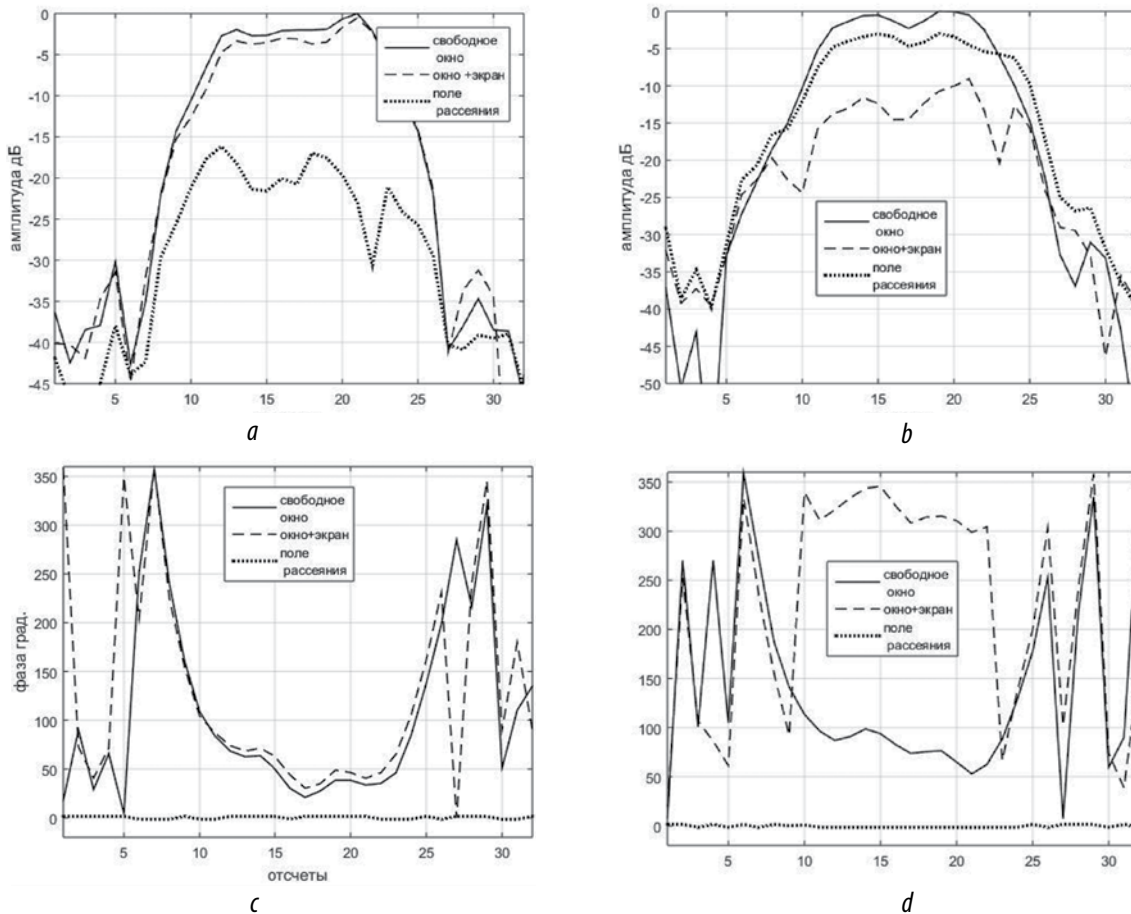


Рис. 10. Сечения амплитудных и фазовых распределений полей, измеренных на плоскости за экраном и рассчитанных полей рассеяния экрана на частоте 9,2 ГГц (a, c) и на частоте 8,6 ГГц (b, d)

рачных экранов, экспериментально измерены характеристики систем антенна — укрытие. Получено, что трехслойный экран с неплотным промежуточным слоем позволяет получить максимально высокие электродинамические параметры. Предложенная конструкция экрана также позволяет достаточно просто создавать укрытия неплоской формы при наличии соответствующих кондукторов. На основе частотно-селективных структур возможно создание радиопрозрачных экранов с ограниченной полосой пропускания, которые могут использоваться и для снижения радиозаметности антенных систем.

Литература:

1. Каплун, В. А. Обтекатели антенн СВЧ / В. А. Каплун. — М.: Сов. Радио. — 1974. — 240 с.
2. Гуртовник, И. Г. Радиопрозрачные укрытия из стеклопластика / И. Г. Гуртовник, В. И. Соколов, Н. Н. Трофимов, С. И. Шалгунов — М.: Мир — 2003. — 368 с.
3. Будаи, А. Г. Практическая реализация аппаратно-программного комплекса для планарных измерений характеристик антенн в ближней зоне / А. Г. Будаи, А. П. Гринчук, А. В. Громыко // Приборы и методы измерений. — 2017. — № 4. — С. 334–343.
4. Будаи, А. Г. Особенности практического использования компактного полигона для измерения характеристик антенных систем по измерениям в ближней зоне / А. Г. Будаи, А. П. Гринчук, А. В. Громыко // Новости науки и технологий. — 2020. — № 2(53). — С. 3–12.

УДК 338.47:625.7/.8

КОНЦЕПТУАЛЬНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

CONCEPTUAL AND METHODOLOGICAL APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF TOOLS FOR ECONOMIC ASSESSMENT OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS POTENTIAL OF HIGHWAYS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

И. М. Царенкова,

доцент кафедры ПСиЭТО Белорусского государственного университета транспорта, канд. экон. наук, доцент, г. Гомель, Республика Беларусь

I. Tsarenkova

Associate Professor of the Department "Design, Construction and Operation of Transport Facilities", Belarussian State University of Transport, PhD in Economics, Gomel, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 31.08.2020 г.

Представлен авторский подход к исследованию автодорожной инфраструктуры на основе оценки с использованием многофакторной модели и алгоритм действий при его практической апробации. Выделены факторы, влияющие на уровень транспортно-логистического потенциала автомобильной дороги.

The author's approach to the study of road infrastructure based on an assessment using a multi-factor model and an algorithm of actions for its practical testing is presented. The factors influencing the level of transport and logistics potential of the road are highlighted.

Ключевые слова: автомобильные дороги, алгоритм, дорожное хозяйство, классификация, технико-экономическая система, транспортно-логистический потенциал.

Keywords: highways, algorithm, road management, classification, technical and economic system, transport and logistics potential.

Актуальность и постановка проблемы.

Современные представления о понятии потенциала достаточно разнообразны, поскольку исходят из различных методологических подходов, отличие которых состоит в выборе объекта экономической оценки. В широком смысле, согласно толково-словообразовательному словарю русского языка, «потенциал» представляет собой «совокупность всех имеющихся возможностей и средств в какой-либо области» [1, с. 856]. В экономической литературе потенциал трактуется как «предельно возможный уровень улучшения показателей (эффективности) деятельности объекта при оптимальном использовании име-

ющихся ресурсов» [2, с. 8], а также «совокупные возможности объекта для достижения определенных целей» [3, с. 86]. Проблемам его оценки и развития в различных экономических сферах и контекстах посвящены работы многих ученых и специалистов: Т. Г. Зориной, Р. Б. Ивутья, Т. Р. Кисель, М. М. Ковалева, А. А. Косовского, П. Г. Никитенко, И. И. Полещук, А. Г. Шумилина, В. Ю. Шутилина и др.

Исследуя процессы макрологистического взаимодействия в транспортной сфере, принято оценивать уровень развития рынка транспортно-логистических услуг и конкурентное преимущество стран и отдельных

территорий, используя индекс эффективности логистики как универсальный показатель оценки транспортно-логистического потенциала [4, 5], при этом с позиций экономической глобализации рассматривается транзитный потенциал как возможности транспортно-логистической системы страны по обслуживанию международных потоков грузов и пассажиров [6, 7]. В обоих случаях, оценивая транспортную систему, понятие «потенциал» в качестве экономического ресурса включает транспортно-логистические услуги, в ходе оказания которых задействована автодорожная инфраструктура. Ряд аспектов данной темы в части инфраструктурной составляющей остается малоисследованным.

Учитывая особенности экономико-географического положения Республики Беларусь, стратегическая роль автомобильных дорог в реализации транзитного потенциала страны свидетельствует о важности и необходимости проведения научных изысканий в сфере повышения экономической эффективности их функционирования. Развитие прикладных исследований в данной области осложнено специфическим характером функционального взаимодействия сочетания их сложных элементов, что порождает проблему теоретико-методологического характера оценки их развития.

Теоретический базис исследования.

Автомобильные дороги представляют сложную технико-экономическую систему, характеристиками которой являются: параметры, определяющие геометрические (руководящий уклон, план линии), физические (масса перевозимых грузов, скорость и время движения), структурные (подвижной состав, число полос движения, схема примыканий и пересечений дорог и т. п.), функциональные (пропускная и провозная способности) и другие свойства дороги и ее элементов, которые формируют капитальные, эксплуатационные (затраты на топливо, запасные части, смазочные материалы, износ шин

автомобилей и др.) и прочие (внетранспортные и трансакционные) затраты, возникающие при эксплуатации дорог в зависимости от их транспортно-эксплуатационного состояния.

Теоретическое моделирование автомобильной дороги в качестве технико-экономической системы создает основу прикладного подхода, связанного с решением конкретных производственных задач по реализации дорогой своих функций в составе транспортной системы. Для аккумуляции конкретных возможностей каждой автомобильной дороги в качестве ее интегральной характеристики предлагается использовать понятие «потенциал». По нашему мнению, составной частью потенциала выступают возможности, которые определяются механизмами рационального использования ресурсов в экономической системе. Наряду с этим утверждением, многочисленные научные разработки и практический опыт, позволяют говорить о сети автомобильных дорог Республики Беларусь, как о системе, безусловно обладающей определенным потенциалом, в том числе и конкурентным, по сравнению с другими странами. Реализацию заложенных при ее создании функций призвано обеспечить дорожное хозяйство, каждое предприятие которого имеет свой потенциал, а его содержание совпадает с характеристикой, предложенной в работе ученого-экономиста В. Ю. Шутилина: «...возможность или способность системы сформировать конкурентные преимущества в определенном рыночном пространстве при заданной конфигурации ресурсов, инструментов и механизмов их трансформации» [8, с. 10], при этом, делая поправку на целевую специфику работы дорожного хозяйства, — обеспечивать безопасные, бесперебойные, экономически целесообразные перевозки грузов и пассажиров — отсутствие единого подхода к выбору участков, видов и сроков производства работ, не позволяет эффективно управлять реализацией способностей автомобильных дорог, за-

ложенных при их строительстве. Несоответствие в использовании ресурсов приводит к тому, что автомобильная дорога утрачивает свои технико-эксплуатационные характеристики и ее полезность интенсивно снижается, что свидетельствует о том, что дорожное хозяйство не использует соответствующий потенциал.

Применение данного теоретического базиса обосновывает необходимость и позволяет ввести в научный оборот понятие «транспортно-логистический потенциал автомобильной дороги», более точно отражающее ее соответствие экономическим, социальным и экологическим потребностям страны. Опираясь на вышеприведенные формулировки, считаем, что транспортно-логистический потенциал автомобильной дороги — это совокупная способность дорожной конструкции (дороги) в целом выполнять функции по удовлетворению существующего и прогнозного спроса на транспортные услуги с заданным уровнем качества и тем самым способствовать экономическому развитию страны. Т.е. каждая автомобильная дорога обладает способностями по обеспечению бесперебойного и безопасного движения транспортных средств, однако реализовать их становится возможным только при оптимальном управлении ее технико-эксплуатационным состоянием в сложившихся условиях с учетом требований экономики и возможностей дорожного хозяйства.

С точки зрения указанного подхода важно рассмотреть транспортно-логистический потенциал автомобильной дороги, имеющий свою структуру, как экономический ресурс, и возможные пути его развития.

Концептуальные положения и методический подход к оценке транспортно-логистического потенциала автомобильных дорог.

Согласно действующим нормативным документам, в Республике Беларусь автомобильные дороги подразделяются: в за-

висимости от функционального назначения — на республиканские и местные; с учетом эксплуатационных характеристик, геометрических параметров и условий движения — по классам и категориям (автомагистрали (категория I-a), скоростные (категория I-б), обычные (категории I-в, II, III, IV, V) и автомобильные дороги низших категорий (VI-a, VI-б), что является основой технической дифференциации при проектировании и управлении их состоянием [9, 10].

В Российской Федерации приняты аналогичные признаки, разделяющие автомобильные дороги по геометрическим параметрам и техническим характеристикам. Вместе с этим в последнее время прорабатывается вопрос о необходимости дополнения действующей классификации дорог по функциональному назначению в соответствии с характером связей, которые они обслуживают. В странах Западной Европы, США и Канаде дороги уже дифференцируются в соответствии с их функциональным значением и местом каждой отдельной дороги в составе дорожной сети. Таким образом, в отличие от отечественной практики, когда классификация автомобильных дорог назначается на основании одного показателя — интенсивности движения, в зарубежных нормах первична классификация в зависимости от функции, выполняемой дорогой в общей структуре. И только потом размер интенсивности движения служит для дальнейшего уточнения стандартов проектирования для каждого функционального класса.

Во всех случаях дифференциация выполнена по техническим признакам, ни в одной из представленных классификаций, не выделена транспортно-логистическая значимость автомобильных дорог, как технико-экономических систем. Такой подход позволит рассматривать дорогу не как отдельное транспортное сооружение, а один из основных элементов транспортно-логистической системы, имеющий конкретное значение, как для реализации транзитного потенциала страны, так и для повышения эффек-

тивности использования грузового транспорта на внутренних перевозках. Его реализация, как было отмечено ранее, основана на существенных различиях автомобильных дорог не только по интенсивности движения транспортных средств, но и по составу пропускаемого транспортного потока, что, в свою очередь, отражается на экономических показателях работы транспортной отрасли в целом и на изменении транспортно-эксплуатационного состояния дорог, особенно их верхнего конструктивного элемента, воспринимающего транспортные нагрузки — дорожной одежды. Существенные различия обусловлены особенностями экономического значения автомобильных дорог, их географическим расположением, местом в общей структуре внутриреспубликанских, транзитных и международных транспортных путей, уровнем промышленного и экономического развития района тяготения, социальной ролью в обеспечении пассажирских перевозок и др. Поэтому значение транспортно-логистической дифференциации автомобильных дорог на современном этапе развития экономики Республики Беларусь превышает стартовое значение технической классификации, что особенно важно при решении задач планирования развития и управления их состоянием.

Дифференцируя дороги по транспортно-логистической значимости в дорожной сети, производится их градация по группам в соответствии с возможным уровнем улучшения показателей деятельности, при условии рационального использования имеющихся ресурсов. Это необходимо для оценки автомобильных дорог по степени возможностей формировать, определять, удовлетворять потребности рынка транспортных услуг в перевозках грузов и пассажиров, а также повышения эффективности привлекаемых инвестиций.

Предлагаемый методический подход реализуется в два этапа с использованием многофакторной модели. На первом этапе осуществляется построение системы индикаторов, каждый из которых отражает отдельные

аспекты транспортно-логистической значимости автомобильной дороги. На втором — выполняется дифференциация с помощью интегрированной многофакторной модели. Алгоритм заключается в выполнении ряда последовательных действий.

1. Отбор показателей, для формирования системы индикаторов.

Выбор показателей, характеризующих автомобильную дорогу, базируется на учете выполняемых ими функций для экономической системы страны в разрезе эксплуатационной, транспортной, логистической, социальной и экономической составляющих. Предлагаемые индикаторы, основаны на ряде показателей, применяемых в мировой практике и рекомендуемых различными учеными, для оценки транспортно-эксплуатационных характеристик дороги. На основании действующей практики диагностики автомобильных дорог и нормативных документов дорожного хозяйства, регламентирующих отдельные аспекты исследования, разработан математический аппарат расчета показателей, характеризующих транспортно-логистическую значимость автомобильной дороги.

2. Характеристика факторов, определяющих состояние автомобильной дороги, по отобранным показателям.

На основе комплексного анализа процессов строительства и эксплуатации дорог, выделено пять функциональных характеристик транспортно-логистического потенциала автомобильной дороги, управление которыми позволит обеспечить высокий уровень предоставляемых услуг при сохранении транспортно-эксплуатационных качеств дорожной конструкции. Состояние отобранных элементов определяется совокупностью факторов, а именно:

– эксплуатационная составляющая (индикатор — динамический коэффициент прочности) конструируется с учетом географического положения, природно-климатической зоны, района тяготения дороги, ровности, колейности и дефектности

дорожного покрытия, прочности дорожной одежды, коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием, безопасности и удобства движения транспорта, уровня износа дорожной одежды и других конструктивных элементов дороги, эффективности функционирования системы диагностики автомобильных дорог;

– транспортная составляющая (индикатор — коэффициент грузового движения) формируется в зависимости от направления транспортных потоков, интенсивности движения на дороге, уровня концентрации автомобильного транспорта и его технологического развития, состава транспортного потока;

– логистическая составляющая (индикатор — коэффициент грузовой активности) зависит от уровня загруженности дороги автомобильными перевозками, скорости движения транспортных средств, уровня информационного развития и состояния маркетинговых коммуникаций, тарифной политики, объема и структуры спроса и предложения автотранспортных услуг, объемов транзита;

– социальная составляющая (индикатор — коэффициент пассажирского движения) определяется транспортной активностью населения, объемами перевозок пассажиров, количеством поездок на личных автомобилях, уровнем обеспеченности населения собственными транспортными средствами, туристической привлекательностью района тяготения дороги;

– экономическая составляющая (индикатор — коэффициент экономической оценки провозной способности) зависит от объемов и источников финансирования, количества перемещенных грузов в транзитном и внутрирегиональном сообщении, производительности грузового транспорта, объема доходов от выполненных перевозок, грузооборота.

3. Формирование базы данных для расчета показателей.

База данных корпоративного ресурса дорожного хозяйства должна быть дополнена сведениями об объемах перевозок грузов по конкретной автомобильной до-

роге, что позволит вести учет грузооборота по направлениям дорожной сети для снижения уровня неопределенности при решении проблем управления состоянием дорог [11]. Источниками могут служить данные автотранспортных компаний, логистических центров, Государственного таможенного комитета, Национального статистического комитета. Дополнительная информация может быть получена, используя информационные ресурсы Всемирного банка, статистического подразделения ООН, информационный ресурс World-Statistics.org.

4. Определение веса показателей-индикаторов.

Для оценки уровня потребления автомобильной дороги пользователями предлагается использовать интегральный показатель, включающий эксплуатационный, транспортный, социальный, логистический и экономические элементы, формирующие базис функциональной дифференциации автомобильных дорог. Оценка влияния составляющих на результат при его формировании, находит выражение в их удельном весе. Удельные веса значимости были определены методом групповой экспертной оценки на основании опроса руководителей предприятий дорожного хозяйства, выполняющих функции заказчика и генерального подрядчика при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог, их филиалов, выполняющих работы по ремонту и содержанию дорог, а также начальников функциональных отделов. Результаты расчета весовых коэффициентов показателей составляющих транспортно-логистического потенциала автомобильной дороги представлены в табл. 1.

5. Расчет интегрального показателя, характеризующего уровень развития автомобильной дороги.

Уровень развития автомобильной дороги в составе дорожной сети при реализации своих функций определяется на основе расчета предложенной автором пятифакторной модели:

$$K_{\text{ПИ}} = x_1 K_{\text{пр}}^{\text{э}} + x_2 K_{\text{ГД}}^{\text{Т}} + x_3 K_{\text{ПД}}^{\text{С}} + x_4 K_{\text{ПС}}^{\text{Л}} + x_5 K_{\text{ЭО}}^{\text{ЭК}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{ПИ}}$ — показатель транспортно-логистической значимости автомобильной дороги в составе дорожной сети;

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 — весовые коэффициенты показателей-индикаторов, представленных в табл. 1.

Показатели, вошедшие в пятифакторную модель, наиболее полно отражают уровень развития автомобильной дороги с учетом основных составляющих его характеристик. Использование данной модели позволяет оценить транспортно-эксплуатационное состояние дорожной конструкции на соответствие нормативным характеристикам и требованиям транспортного потока, определить востребованность автомобильной дороги для перевозки грузов и пассажиров, что в свою очередь свидетельствует о целесообразности инвестиций в данную дорогу с точки зрения их возврата при существующих размерах перевозок. Таким образом, показатель транспортно-логистического потенциала автомобильной дороги — коэффициент полезного использования дороги ($K_{\text{ПИ}}$) — характеризует уровень использования дороги и ее эффективность как сложной технико-экономической системы в отношении преобразования вложенных инвестиций.

Коэффициент полезного использования дороги с учетом удельного веса каждой составляющей рассчитывается по формуле (2):

$$K_{\text{ПИ}} = 0,280 K_{\text{пр}}^{\text{э}} + 0,156 K_{\text{ГД}}^{\text{Т}} + 0,120 K_{\text{ПД}}^{\text{С}} + 0,188 K_{\text{ПС}}^{\text{Л}} + 0,256 K_{\text{ЭО}}^{\text{ЭК}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{пр}}^{\text{э}}$ — динамический коэффициент прочности;

$K_{\text{ГД}}^{\text{Т}}$ — коэффициент грузового движения;

$K_{\text{ПД}}^{\text{С}}$ — коэффициент пассажирского движения;

$K_{\text{ПС}}^{\text{Л}}$ — коэффициент грузовой активности;

$K_{\text{ЭО}}^{\text{ЭК}}$ — коэффициент экономической оценки провозной способности.

Полученные коэффициенты полезного использования автомобильных дорог Республики Беларусь представлены на рис. 1.

6. Дифференциация автомобильных дорог по показателю полезного использования.

После расчета интегрального коэффициента полезного использования дороги, оценки заложенного в ней потенциала, выполняется дифференциация дорог по полученным значениям. Число возможных интервалов распределения (n_K) определяется по формуле Стерджесса:

$$n_K = 1 + 3,322 \lg N = 1 + 1,44 \ln N, \quad (3)$$

где N — число исследуемых автомобильных дорог.

Автор выполнила оценку 87 автомобильных дорог республиканского значения. Тогда при $N = 87$ число интервалов распределения

Таблица 1

Весовые коэффициенты показателей составляющих транспортно-логистический потенциал автомобильной дороги

Группа составляющих	Наименование показателя	Весовой коэффициент показателя
Эксплуатационная	Динамический коэффициент прочности	0,280
Транспортная	Коэффициент грузового движения	0,156
Социальная	Коэффициент пассажирского движения	0,120
Логистическая	Коэффициент грузовой активности	0,188
Экономическая	Коэффициент экономической оценки провозной способности	0,256

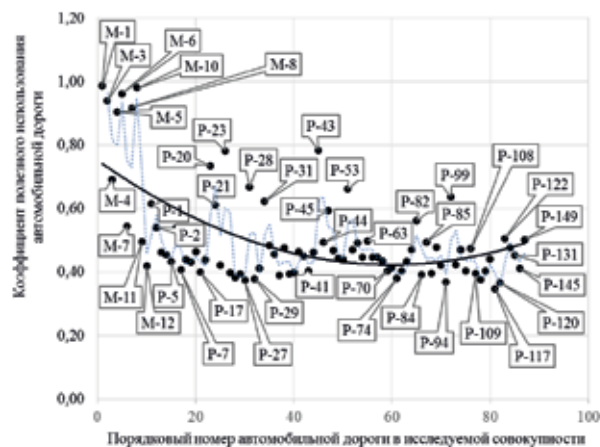


Рис. 1. Распределение автомобильных дорог по значению коэффициента полезного использования: М — магистральные автомобильные дороги; Р — республиканские автомобильные дороги; М-10 — номер автомобильной дороги

Примечание: разработка автора.

дорог по интегральному коэффициенту полезного использования составит $n_K = 1 + 1,44 \ln 87 = 7,7$. Принимается 8 равных интервалов (табл. 2).

В рамках предложенного теоретико-методологического подхода к транспортно-логистической дифференциации автомобильных дорог производится экономическая интерпретация полученных результатов путем рассредоточения их по группам в зависимости от значений коэффициента полезного использования, которые варьируют в диапазоне от 0 до 1.

Коэффициент полезного использования — количественная характеристика степени значимости дороги для оценки, предоставляемой услуги и востребованности пользователями.

Степень значимости дороги — степень ее воздействия на деятельность автомобильного транспорта и других субъектов экономики, то есть продуктивность использования для экономики страны. Она показывает насколько функции данной дороги важны для достижения целей и целевых показателей ее пользователей.

Чем выше значение коэффициента, тем более значима автомобильная дорога, как технико-экономическая система, в дорожной сети республики. При этом дорога с наибольшим значением коэффициента $K_{ПИ}$ относится в группу 1 по степени значимости и уровню использования автомобильным транспортом.

Интерпретация пороговых значений коэффициента полезного использования при оценке транспортно-логистической значимости автомобильных дорог представлена в табл. 3.

Апробация предложенной методики была проведена на автомобильных дорогах Республики Беларусь. Оценка проводилась для 11 284 км дорог республиканского значения. В результате участки распределились по группам следующим образом: 1-я группа — 39,9 % общей протяженности исследуемых участков, 2-я — 5,4 %, 3-я — 19,3 %, 4-я — 25,4 %, 5-я — 10,0 %.

Участки дорог первых трех групп характеризуются повышенной отдачей от вложенных инвестиционных средств, что связано с характером выполняемых по ним перевозок. Дороги, входящие в группу базовых и малозначимых, имеют невысокие объемы

Таблица 2

Интервальная группировка автомобильных дорог по показателю $K_{ПИ}$

№ интервала	Интервал значений показателя $K_{ПИ}$	Число автомобильных дорог в выборке	№ интервала	Интервал значений показателя $K_{ПИ}$	Число автомобильных дорог в выборке
1.	более 0,591	17	5	0,492–0,461	14
2.	0,590–0,558	1	6	0,460–0,428	16
3.	0,557–0,526	3	7	0,427–0,396	17
4.	0,525–0,493	6	8	до 0,395	13

Интерпретация пороговых значений интегральной оценки автомобильных дорог

Группа	Границы интервала	Интерпретация интегральной оценки	
		Уровень использования	Степень значимости (важность) дороги
1-я	от 0,591 до 1	Интенсивное использование (высший уровень)	Особо значимые (ведущие)
2-я	от 0,590 до 0,526	Высокий	Высокая степень значимости
3-я	от 0,525 до 0,461	Средний	Значимые
4-я	от 0,460 до 0,396	Удовлетворительный	Малозначимые
5-я	от 0,395 до 0	Низкий	Базовое значение

Примечание: разработка автора.

перевозок международных и транзитных грузов и в связи с этим, из-за высокой капиталоемкости работ по капитальному ремонту не способны обеспечить уровень доходности, который заинтересует частных инвесторов. Вошедшие в четвертую группу автомобильные дороги на подходах к пограничным переходам с соседними государствами характеризуются низким коэффициентом полезного использования по причине небольших объемов грузового движения на данных участках, так как данные пункты пропуска имеют межгосударственное значение и больше предназначены для пропуска пассажирского движения и обслуживания населения, проживающего в пограничных территориях.

Достоверность представленной дифференциации дорог по их значимости подтверждается тем, что практически все участки дорог, за проезд по которым взимается плата, характеризуются уровнем интенсивного использования и входят в состав группы ведущих дорог страны.

На рис. 2 представлена карта дифференциации республиканских автомобильных дорог характеризующихся наиболее интенсивным использованием для перевозки грузов по степени их транспортно-логистического потенциала.

Заключение.

Предложенный интегральный показатель полезного использования дороги по-

зволяет оценить текущий уровень использования автомобильной дороги и проследить его динамику по годам эксплуатации, а также сравнить положение дороги по данной категории с другими участками в составе дорожной сети республики.

Интегральный коэффициент, характеризующий уровень использования автомобильной дороги и соответствующую степень ее значимости для экономики страны, включает не только традиционные для оценки уровня дороги показатели эксплуатационной, транспортной и социальной составляющих, но и выделенные отдельно логистические и экономические. Оценить уровень использования дороги можно как в целом, так и по отдельным факторам показателей.

Применение данного интегрального показателя является целесообразным при разработке мероприятий по развитию и содержанию, как отдельных автомобильных дорог, так и в целом дорожной сети страны. В дополнение к разработанному концептуально-методологическому подходу по разработке инструментария экономической оценки транспортно-логистического потенциала автомобильных дорог предлагается развитие системы дорожного хозяйства базировать на формировании потенциальных возможностей, заложенных в ее фундаменте — автомобильных дорогах и рациональном использовании располагаемыми ресурсами, посредством точечного воздействия на

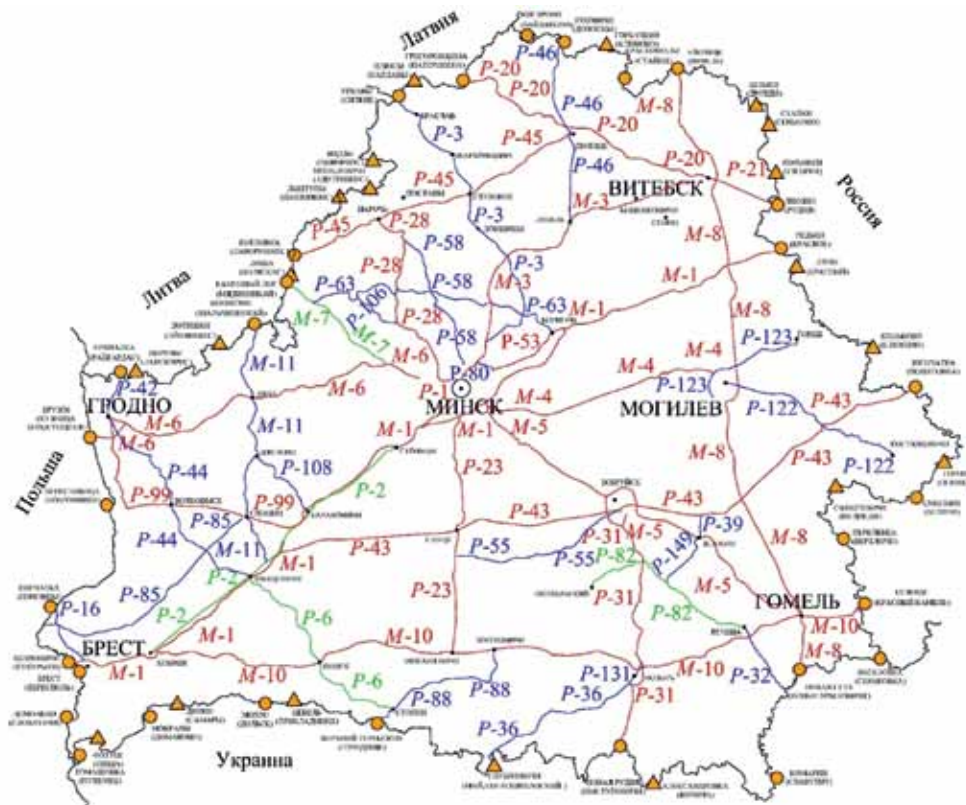


Рис. 2. Карта-схема дифференциации республиканских автомобильных дорог по уровню транспортно-логистического потенциала: автомобильные дороги, выделенные красным цветом, относятся к особо значимым (ведущим); зеленым — высокой степени значимости; синим — среднему уровню использования потенциала

Примечание: разработка автора; указаны только автомобильные дороги первых трех групп.

инфраструктуру соответствующих мероприятий, благодаря чему роль автомобильных дорог для транспорта значительно возрастает. При этом потенциал автомобильных дорог полностью раскрывается, они становятся доступными для эффективного использования и вовлекаются системой дорожного хозяйства в процесс достижения рыночных целей ее субъектов хозяйствования.

Литература:

1. Ефремова, Т. Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный: [В 2 т.] / Т. Ф. Ефремова. — М.: Рус. яз., 2000. — Т. 2: П–Я. — 1084 с.
2. Ларин, О. Н. Транзитный потенциал транспортных систем / О. Н. Ларин. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. — 171 с.
3. Лепа, Р. Н. Теоретическая парадигма потенциала развития промышленного предприятия / Р. Н. Лепа, Н. В. Цопа, М. Ф. Гончаренко // Экономика промышленности. — 2010. — № 3 (51). — С. 86–93.

4. The Logistics Performance Index and Its Indicators [Electronic resource] // World Bank. — Mode of access: <http://siteresources.worldbank.org/TRADE/Resources/239070-1336654966193/LPI_2018_fina.pdf#page=15> — Date of access: 12.11.2019.

5. Зорина, Т. Логистический рейтинг 2018: лидеры и аутсайдеры / Т. Зорина, Ю. Трухан // Наука и инновации. — 2019. — Т. 2. — № 192. — С. 51–55.

6. Шумилин, А. Г. Формирование транзитного потенциала в условиях интеграции Беларуси в мировую транспортную систему / А. Г. Шумилин, А. В. Митренкова // Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». — 2009. — № 6. — С. 125–129.

7. Ивуть, Р. Б. Развитие транзитного потенциала Республики Беларусь в условиях формирования ее транспортно-логистической системы / Р. Б. Ивуть, А. Ф. Зубрицкий, А. С. Зиневич // Новости науки и технологий. — 2015. — № 1 (32) — С. 19–33.

8. Шутилин, В. Ю. Конкурентный потенциал машиностроительного комплекса Республики Беларусь: теория, методология, инструменты измерения, механизм формирования: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / В. Ю. Шутилин; Белорус. гос. экон. ун-т. — Минск, 2017. — 42 с.

9. Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности: Закон Респ. Беларусь, 2 дек. 1994 г., № 3434-ХП: с изм. и доп. от 28 дек. 2009 г., № 78-3 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2010 г. — № 5, 2/1630.

10. Автомобильные дороги. Нормы проектирования = Аўтамабільныя дарогі. Нормы праектавання:

ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). — Введ. 01.07.06. — Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2006. — 42 с.

11. Царенкова, И. М. Возможности цифровой трансформации дорожного хозяйства / И. М. Царенкова // Вестник НГИЭИ. — 2020. — № 6 (109). — С. 57–64.

УДК 378.2(476)

МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОСЛЕВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

MECHANISMS FOR STIMULATING GETTING OF POSTGRADUATE EDUCATION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

А. Г. Климков,

ведущий научный сотрудник отдела научно-методического обеспечения прогнозирования потребности научных работников высшей квалификации ГУ «БелИСА», канд. экон. наук, г. Минск, Республика Беларусь

О. А. Марисова,

заведующая отделом научно-методического обеспечения прогнозирования потребности научных работников высшей квалификации ГУ «БелИСА», г. Минск, Республика Беларусь

Ю. В. Лях,

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

О. В. Лупей,

младший научный сотрудник отдела научно-методического обеспечения прогнозирования потребности научных работников высшей квалификации ГУ «БелИСА», г. Минск, Республика Беларусь

A. Klimkov,

Leading Researcher of the Department of Scientific and Methodological Support for Forecasting the Needs of Highly Qualified Scientific Workers, SO "BellISA", PhD in Economics, Minsk, Republic of Belarus

O. Marisova,

Head of the Department of Scientific and Methodological Support for Forecasting the Needs of Highly Qualified Scientific Workers, SO "BellISA", Minsk, Republic of Belarus

U. Liakh,

Scientific Secretary, SO «BellISA», PhD in Engineering, Minsk, Republic of Belarus

O. Lupei,

Junior Researcher of the Department of Scientific and Methodological Support for Forecasting the Needs of Highly Qualified Scientific Workers, SO "BellISA", Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 16.12.2020 г.

В статье рассмотрены законодательно установленные стимулы для обучения в аспирантуре и докторантуре Республики Беларусь, разработаны научно обоснованные предложения по расширению действующей системы стимулов.

The article reviewed legislatively established stimulus for postgraduate education in the Republic of Belarus, developed scientifically based proposals for expanding the current system of stimulus.

Ключевые слова: аспирантура, докторантура, законодательство, интегральный показатель, научная стажировка, послевузовское образование, стимул, стипендия, форма обучения, эффективность.

Keywords: postgraduate study, doctoral studies, legislation, integral indicator, scientific internship, postgraduate education, stimulus, scholarship, form of study, efficiency.

Перед современным обществом уже не первый год ставится задача создания основанной на знаниях инновационной экономики, конкурентоспособной на мировом рынке. Для реализации данной цели в Республике Беларусь создаются организационные и экономические условия: формируется благоприятная экономическая, правовая и социокультурная среда для осуществления инновационной деятельности, совершенствуется национальная инновационная система, осуществляется переход к технологиям высших технологических укладов, повышается инновационная активность, наукоемкость и др. Одним из важнейших инструментов в построении инновационной экономики выступает национальная система образования — совокупность взаимодействующих компонентов, направленных на достижение целей образования [1].

Образование в Республике Беларусь подразделяется на основное (выступает ключевым звеном), дополнительное и специальное. В свою очередь, вершиной в системе основного образования является послевузовское, включающее в себя две ступени: аспирантуру (адъюнктуру) и докторантуру [1].

В последние годы в стране «проводится целенаправленная работа по развитию научной сферы и ее кадрового потенциала в соответствии с целями и задачами инновационного развития» [2]. В частности, развитие системы послевузовского образования (СПО), ее цель, задачи, целевые показатели определены подпрограммой 6 «Развитие системы послевузовского образования» Государственной программы «Образование и молодежная политика» на 2016–2020 гг. При этом в рамках функционирования СПО цель государства — «обеспечить кадрами высшей научной квалификации стратегически важные направления модернизации и технологического развития страны» [3].

Анализируя динамику развития СПО на современном этапе (табл. 1), следует согласиться с рядом литературных источников [2] относительно наметившихся положитель-

ных тенденций в подготовке научных работников высшей квалификации (НРВК) в целом, в том числе в части увеличения численности обучающихся, в том числе по специальностям, необходимым для развития высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам экономики (приоритетные специальности), улучшении показателей эффективности деятельности аспирантуры по выпуску с защитой диссертации [2].

Однако этих результатов «недостаточно для полного обеспечения реализации планов по созданию и развитию новых высокотехнологичных секторов экономики» [2], в связи с чем актуальной задачей на современном этапе развития СПО, помимо прочих, является выработка дополнительных стимулов получения послевузовского образования в нашей стране, которые позволят удержать численность обучающихся на достойном уровне до успешного выпуска, обеспечить омоложение кадрового потенциала науки, мотивировать молодежь для поступления в аспирантуру (адъюнктуру) и докторантуру.

Немалое внимание данному вопросу уделяется в зарубежной (в меньшей степени — в отечественной) научной литературе. В частности, предполагается, что недостаточная результативность подготовки аспирантов в Российской Федерации (это характерно и для Республики Беларусь), обнаружившаяся особенно болезненно в 1990-е и 2000-е гг., имеет комплекс причин, среди которых: отсутствие реальных стимулов к защите в нормативные сроки; использование периода обучения в аспирантуре в качестве отсрочки от службы в армии; низкий уровень аспирантской стипендии и связанная с этим необходимость поиска дополнительных источников дохода; ослабление научных связей как внутри страны, так и с зарубежными университетами, и др. [4].

В специальной литературе в рамках рассмотрения вопроса качества подготовки аспирантов на современном этапе отмечается, что «для поддержания оптимального среднего возраста научных работников (35–40 лет)

Таблица 1

Интегральные показатели деятельности аспирантуры (адъюнктуры) и докторантуры в 2016–2019 гг.

Наименование показателя, единица измерения	Значения по годам							
	2016		2017		2018		2019	
	аспирантура (адъюнктура)	докторантура	аспирантура (адъюнктура)	докторантура	аспирантура (адъюнктура)	докторантура	аспирантура (адъюнктура)	докторантура
Количество обучающихся на конец года, чел.	5090	432	5149	503	5357	572	5332	616
Прием в отчетном году, чел.	1519	152	1497	142	1628	153	1477	162
<i>из них</i> по приоритетным специальностям, чел. (%)	222 (14,6)	23 (15,1)	238 (15,9)	26 (18,3)	719 (44,2)	66 (43,1)	698 (47,3)	77 (47,5)
Выпуск в отчетном году, чел.	828	53	803	58	857	69	777	94
<i>из них</i> с защитой диссертации в срок обучения, чел. (%)	59 (7,1)	4 (7,5)	73 (9,1)	16 (27,6)	92 (10,7)	6 (8,7)	79 (10,2)	13 (13,8)

требуется ежегодный приток в науку молодежи в объеме 5–7 % от общей численности научных работников» [3], вследствие чего актуальной остается проблема «удержания» выпускников аспирантуры в системе образования и науки. В этой связи необходимо изучение мотивов молодых людей, побуждающих к обучению в СПО (в первую очередь в аспирантуре).

В целом, в настоящее время можно выделить следующие типы такой мотивации [5]:

- внутренняя (интерес к научной деятельности, преподаванию и образовательному процессу);
- внешняя (аспирантура (докторантура) как важный шаг в построении карьеры, развитии профессиональных навыков, получении общественного признания);
- амотивация (путь «по накатанным рельсам» и отсутствие перспективных альтернатив).

В докторантуре США, например, одной из отличительных особенностей является то,

что «самое главное требование к кандидатам на соискание степени — сильная и обоснованная мотивация» [6].

Ряд белорусских и зарубежных ученых в своих научных трудах [7, 8] приходят к выводу о том, что совершенствование подготовки НРВК в целом и выработка дополнительных стимулов для обучения в СПО, в частности, позволят создать предпосылки как для количественного, так и качественного повышения эффективности деятельности СПО.

В настоящее время анализ мер стимулирования обучения в аспирантуре и докторантуре (в том числе выпуска с защитой диссертации в срок обучения) в Республике Беларусь показывает, что государством проводится постоянная, но недостаточная работа для привлечения в аспирантуру и докторантуру большего количества мотивированных молодых научных кадров, достижения более высокого значения классического показателя эффективности (доля выпуска из аспирантуры, докторантуры с защитой диссертации

в срок обучения), приумножения интеллектуального (кадрового) потенциала, популяризации института среди населения в целом.

В частности, среди существующих ныне стимулов большинство для действующих и потенциальных обучающихся являются «долгосрочными», несут в себе социальный смысл: развитие профессиональных и личностных качеств, расширение деловых контактов, возможность карьерного роста в случае получения диплома кандидата наук, получение общественного признания и т. д.

В условиях неопределенности и риска, вызванных главным образом последствиями пандемии COVID-19, важнейшим, по нашему мнению, и по-настоящему действенным фактором для поступления в аспирантуру и докторантуру начиная с 2019 г. стало существенное повышение стипендий аспирантам и докторантам дневной формы обучения в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 18.10.2019 № 386 «О стимулировании научной деятельности и совершенствовании оплаты труда».

В соответствии с данным указом по состоянию на 15.09.2020 с учетом величины бюджета прожиточного минимума (БПМ) для трудоспособного населения стипендии аспирантов составляют 641,3 руб. (до принятия указа — 312,8 руб.), докторантов — 1040,4 руб. (до принятия указа — 424,8 руб.). Таким образом, в течение последнего года размеры стипендии увеличены более чем в 2 раза по обеим категориям обучающихся, при этом изменение размеров стипендий кратно привязано к изменению БПМ.

Внедрение данного финансового стимула уже в первый год своего существования выступает реальным мотивирующим фактором для поступления молодых ученых за счет средств республиканского бюджета (СРБ) в аспирантуру и докторантуру дневной формы обучения; особенно это характерно для докторантуры, где буквально за один год планируется переориентация обучающихся в сторону дневной формы обучения с получением стипендии, сопоставимой с величиной среднемесячной заработной платы в стране (табл. 2).

Необходимо также отметить, что на уровне учреждений послевузовского образования создаются, главным образом, финансовые инструменты, стимулирующие процесс обучения в аспирантуре и докторантуре, в части публикационной активности, создания объектов интеллектуальной собственности, подготовки НРВК (премирование за защиту диссертаций, материальная поддержка работников, завершающих работу над диссертацией, поощрение эффективно работающих руководителей аспирантов и др.), научно-исследовательской работы студентов и др. [9]. В то же время считаем, что, помимо финансовых, нужно создавать и внедрять иные стимулы, мотивирующие талантливую молодежь к получению ученой степени.

На схеме представлен набор из предлагаемых стимулирующих инструментов.

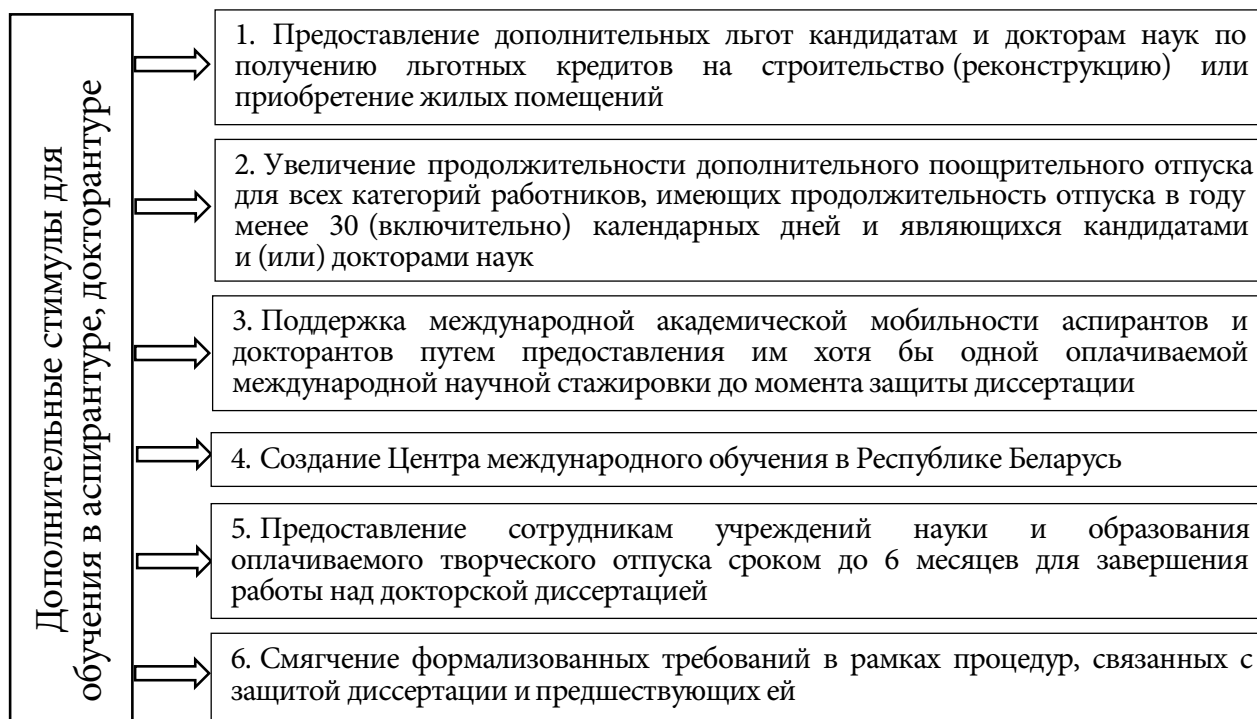
1. Предоставление дополнительных льгот кандидатам и докторам наук по получению льготных кредитов на строительство (реконструкцию) или приобретение жилых помещений. В настоящее время в законода-

Таблица 2

Прием обучающихся в аспирантуру (адъюнктуру) и докторантуру за счет СРБ в 2019 и 2020 гг.

Степень послевузовского образования	Годы/показатели					
	2019 (факт)			2020 (КЦП*)		
	прием за счет СРБ, чел.	из них на дневное отделение	удельный вес, %	прием за счет СРБ, чел.	из них на дневное отделение	удельный вес, %
Аспирантура (адъюнктура)	1140	556	48,8	1052	556	52,9
Докторантура	156	63	40,4	220	141	64,1

* КЦП — контрольные цифры приема для получения послевузовского образования за счет СРБ на 2020 г., установленные приказом ГКНТ от 22.05.2020 № 150.



Дополнительные стимулы для обучения в аспирантуре, докторантуре

тельстве отсутствуют нормы, дающие оспепенным гражданам подобные преимущества (см. пункт 1 схемы). В этой связи для решения жилищной проблемы предлагается дополнение к подпункту 1.1 пункта 1 Указа Президента Республики Беларусь от 06.01.2012 № 13 «О некоторых вопросах предоставления гражданам государственной поддержки при строительстве (реконструкции) или приобретении жилых помещений» абзацем следующего содержания: «граждан Республики Беларусь — кандидатов или докторов наук, защитивших диссертацию в срок обучения, ученая степень которым присвоена в течение трех последних лет». Включение данной категории граждан в указ позволит предоставить им право на получение льготных кредитов на строительство (реконструкцию) или приобретение жилых помещений.

В настоящее время среди молодых ученых на подобную поддержку, согласно данному указу, имеют право лишь «совершеннолетние молодые граждане, являющиеся лауреатами специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддерж-

ке одаренных учащихся и студентов и (или) специального фонда Президента Республики Беларусь по поддержке талантливой молодежи (под молодыми гражданами в указе понимаются лица в возрасте до 31 года); граждане, которым были назначены стипендии Президента Республики Беларусь талантливым молодым ученым» [10].

2. Увеличение продолжительности дополнительного поощрительного отпуска для всех категорий работников, имеющих продолжительность отпуска в году менее 30 (включительно) календарных дней и являющихся кандидатами и (или) докторами наук. В соответствии с Трудовым кодексом Республики Беларусь (ТК) продолжительность основного отпуска при прочих равных условиях не может быть менее 24 календарных дней [11]. Как правило, в научно-исследовательских организациях на контрактной основе устанавливается дополнительный отпуск в размере 5 дней и дополнительный поощрительный (1 день), в результате чего общий размер отпуска составляет 30 дней. Аналогичная продолжитель-

ность отпуска (не более 30 дней), как правило, устанавливается и в организациях (предприятиях) реального сектора экономики. В целях реализации статьи 160 ТК предлагается в рамках локальных правовых актов учреждений науки и образования предусмотреть для всех категорий работников, имеющих продолжительность отпуска в году менее 30 (включительно) календарных дней и являющихся кандидатами и (или) докторами наук, дополнительный поощрительный отпуск продолжительностью до 5 календарных дней.

3. *Поддержка международной академической мобильности аспирантов и докторантов путем предоставления им хотя бы одной оплачиваемой международной научной стажировки до момента защиты диссертации.* С учетом стимулирования аспирантов и докторантов дневной формы обучения, получающих стипендию, в целях установления частичного баланса стимулирующих мер для получения послевузовского образования предлагается предусмотреть попытку внедрения в отечественную практику механизма прохождения в течение срока обучения (до момента защиты диссертации) при поддержке учреждения, в котором обучается белорусский соискатель, хотя бы одной оплачиваемой международной научной стажировки по тематике, связанной с диссертационным исследованием, вне зависимости от того, за счет какого источника и в какой форме обучается гражданин.

Во-первых, многие из подобных международных программ для прохождения стажировок (MOST, ERASMUS+, DAAD, Estophilus, МАШАВ и др.) оплачиваются за счет принимающей стороны. Во-вторых, экстраполяция количества обучающихся в белорусской СПО граждан по формам получения образования, а также средняя стоимость стажировки из расчета в 3000 евро приводят к выводу, что за горизонт расчета в 5 лет совокупные расходы на международные научные стажировки обучающихся в СПО будут в 2,5–3,0 раза ниже, чем выплата стипен-

дий аспирантам (адъюнктам) и докторантам дневной формы обучения, что подтверждает экономическую целесообразность предлагаемой меры.

4. *Создание Центра международного обучения в Республике Беларусь.* Цель создания центра — подготовка НРВК для приоритетных секторов экономики Республики Беларусь в зарубежных университетах по программам послевузовского образования. Подобным инструментом выступает стипендиальная программа «Болашак», которая успешно функционирует в Казахстане с 1993 г. при поддержке президента страны и направлена на подготовку кадров по приоритетными для развития страны направлениям.

Предполагается, что посредством центра на конкурсной основе будет осуществляться доступ к программам зарубежной докторантуры (степень PhD) белорусским претендентам со степенью кандидата наук в возрасте до 35 лет. Стипендиатам центра будет оплачиваться как обучение, так и стипендия. Согласно заключаемому договору, после окончания обучения (срок обучения — 3–4 года с присвоением степени PhD) необходимо будет вернуться в Республику Беларусь и трудоустроиться в систему науки или образования в год завершения обучения за рубежом и получения степени PhD (срок отработки — 3–5 лет). При этом предлагается внести изменения (дополнения) в законодательство, чтобы полученный за рубежом диплом (степень PhD) был в упрощенном виде нострифицирован в Беларуси как диплом доктора наук. Таким образом, соискателю не придется обучаться в белорусской докторантуре (срок обучения 3 (дневная форма) либо 5 лет (соискательство)), при этом он вернется в страну опытным специалистом с высочайшим уровнем квалификации.

5. *Предоставление сотрудникам учреждений науки и образования оплачиваемого творческого отпуска сроком до 6 месяцев для завершения работы над докторской диссертацией.* Согласно статье 190 ТК для рабо-

ты над диссертацией работнику по его письменному заявлению может быть предоставлен в течение календарного года отпуск без сохранения заработной платы не более 30 календарных дней, если иное не предусмотрено коллективным договором, соглашением, нанимателем [11]. С учетом финансовой непривлекательности данной меры на практике она является мало востребованной. В качестве искомой продолжительности оплачиваемого творческого отпуска (до 6 месяцев) взята средняя при прочих равных условиях продолжительность процесса, включающего период от проведения предварительной экспертизы диссертации до ее защиты в Совете и подачи документов в ВАК. При этом предлагается распространить норму именно для докторантов, поскольку все требования, трудоемкость текущих процессов и т. д. в докторантуре в целом выше, чем в аспирантуре, что является общепризнанным фактом.

б. Смягчение формализованных требований в рамках процедур, связанных с защитой диссертации и предшествующих ей. В настоящее время рядом стран СНГ предпринимаются решительные попытки в сторону послабления формализованных требований в рамках процедур, связанных с защитой диссертации и предшествующих ей, и акцента в сторону качества диссертационного исследования, как в западных странах, где «...существует строгая логика обучения, подчиненная написанию диссертации: все ресурсы (обучающие курсы, практика, консультации внешних и внутренних экспертов) «работают» на подготовку и проведение аспирантами оригинального авторского исследования» [6].

Например, в Российской Федерации в конце августа 2017 г. вышло распоряжение Правительства страны, которое разрешило 19 ведущим российским вузам самостоятельно присуждать ученые степени по устанавливаемым им правилам и нормам, что де-факто начало процесс юридического распада единой системы присуждения ученых степеней [12]. Схожий процесс в качестве экс-

перимента (защита кандидатской диссертации в разовом Ученом совете из 5 человек с упрощением бюрократических процедур и присуждением ученой степени доктора философии (PhD) государственного образца) проводится в Украине с марта 2019 до конца 2020 гг. [13]. В Узбекистане, начиная с 2012 г., на законодательном уровне была отменена «советская» двухуровневая СПО, и вот уже более 7 лет функционирует аналогичная европейской система докторантуры (PhD), в рамках которой разрабатываются и постепенно внедряются современные принципы ее функционирования с отсутствием института аспирантуры как такового [14].

В этой связи предлагается внести ряд изменений в положение о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, утвержденное Указом Президента Республики Беларусь от 17.11.2004 № 560, в сторону смягчения требований, которые в целом не направлены на эффективное функционирование института аспирантуры (докторантуры) так такового, и в некоторой степени выступают демотиватором для молодых научных кадров.

Считаем, что внедрение в отечественную практику разработанных предложений послужит реальным стимулом (стимулами) для поступления молодых людей в аспирантуру и докторантуру, повышения эффективности деятельности института послевузовского образования, воспроизводства кадрового потенциала страны.

Литература:

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании [Электронный ресурс]: 13 янв. 2011 г., № 243-З: принят Палатой представителей 2 дек. 2010 г.: одобр. Советом Респ. 22 дек. 2010 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 23.07.2019 г. // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2020.
2. Лопатова, Н. Г. Проблемы совершенствования системы управления подготовкой научных работников высшей квалификации в Республике Беларусь [Электронный ресурс] / Н. Г. Лопатова // Научные труды РИВШ. — 2017. — Вып. 16. — С. 371–379.

3. Капшутарь, М. А. Мотивация как фактор качества подготовки аспирантов / М. А. Капшутарь // Ценности и смыслы. — 2016. — № 5. — С. 39–47.
4. Шевелева, Н. А. Аспирантура: синтез или конфликт науки и образования? / Н. А. Шевелева // Журнал российского права. — 2017. — № 11. — С. 145–157.
5. Терентьев, Е. А. Зачем сегодня идут в аспирантуру. Типологизация мотивов российских аспирантов / Е. А. Терентьев, Н. В. Рыбаков, Б. И. Бедный // Вопросы образования. — 2020. — № 1. — С. 40–69.
6. Мироненко, Е. С. Современные тенденции в развитии аспирантуры в контексте зарубежного и российского опыта / Е. С. Мироненко // Вопросы территориального развития. — 2017. — № 2. — С. 1–12.
7. Никоненко, Н. А. Проблемы повышения качества и эффективности подготовки научных кадров высшей квалификации в Республике Беларусь / Н. А. Никоненко, А. А. Белов, А. К. Сутурин // Образование на основе менеджмента знаний и инноваций: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 17–18 мая 2017 г.: / БНТУ ; редкол.: Б. М. Хрусталева [и др.]. — Минск, 2017. — С. 69–72.
8. Усмонов, Б. Система подготовки научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации в Европе: опыт и проблемы [Электронный ресурс] / Б. Усмонов // Www.researchgate.net. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/324362743_Sistema_podgotovki_naucnyh_i_naucno-pedagogiceskih_kadrov_vyssej_kvalifikacii_v_Evropе_opyt_i_problemy. — Дата доступа: 09.09.2020.
9. Стимулирование научной деятельности [Электронный ресурс] // Гродненский государственный университет имени Янки Купалы. — Режим доступа: <https://www.grsu.by/component/k2/item/385-stimulirovanie-nauchnoj-deyatelnosti.html>. — Дата доступа: 15.09.2020.
10. О некоторых вопросах предоставления гражданам государственной поддержки при строительстве (реконструкции) или приобретении жилых помещений [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 6 янв. 2012 г., № 13: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 28.05.2020 г. // Консультант-Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2020.
11. Трудовой кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 26 июля 1999 г., № 296-3: принят Палатой представителей 8 июня 1999 г.: одобр. Советом Респ. 30 июня 1999 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 18.07.2019 г. // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2020.
12. Распад системы защит кандидатских и докторских диссертаций в России (год спустя) [Электронный ресурс] // Викиновости. — Режим доступа: [https://ru.wikinews.org/wiki/Распад_системы_защит_кандидатских_и_докторских_диссертаций_в_России_\(год_спустя\)](https://ru.wikinews.org/wiki/Распад_системы_защит_кандидатских_и_докторских_диссертаций_в_России_(год_спустя)). — Дата доступа: 25.08.2020.
13. Кандидатская диссертация в разовом Ученом совете [Электронный ресурс] // Научно-исследовательский центр «Спецнаукпроект». — Режим доступа: <http://specnaukproect.com.ua/ru/publications/view/311/>. — Дата доступа: 29.08.2020.
14. Дальнейшее совершенствование докторантуры в Узбекистане / рекомендации по обеспечению качества докторантуры в Узбекистане [Электронный ресурс] // UZDOC. Doctoral studies in Uzbekistan. — Режим доступа: http://old.uzdoc.eu/sites/default/files/uzdoc_publication_russian_translation_0.pdf. — Дата доступа: 05.09.2020.

УДК 658.18

ЛОГИСТИКА КАК ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ БИЗНЕСА

LOGISTICS AS A TECHNOLOGY FOR ACHIEVING BUSINESS GOALS

В. А. Скориков,

магистр экономических наук, Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Республика Беларусь

V. Skorikov,

Master of Economic Sciences, Belarusian State University of Economics, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 16.12.2020 г.

В статье рассмотрены современные трактовки понятия логистики, ее роль в достижении стратегических целей предприятий промышленности.

Дано авторское определение логистики.

The article considers modern interpretations of the concept of logistics, its role in achieving the strategic goals of industrial enterprises.

The author's definition of logistics is given.

Ключевые слова: логистика, управление цепями поставок, ресурсные потоки.

Keywords: logistics, supply chain management, resource flows.

В структуре обрабатывающей промышленности Республики Беларусь отрасль машиностроения занимает важное место и является точкой роста национальной экономики Республики Беларусь. Проблема повышения эффективности функционирования предприятий машиностроения является стратегической задачей.

Актуальность логистического подхода к управлению предприятиями обуславливается усложнением планирования производства, бизнес-процессами в фазе снабжения и распределения, ростом транспортных расходов и затрат на хранение материально-технических ресурсов.

В современной научной литературе приведены различные трактовки понятий логистики. Логистику определяют как действия, оптимизирующие процессы, научно-практическое направление хозяйствования, теорию и практику управления материальными потоками, интегральный инструмент менеджмента, систему движения материальных ресурсов, искусство, науку, концепцию, вид деятельности по управлению движением и хранением материальных ресурсов и т. д. [1, 2, 4, 6, 7].

Термин «логистика» связан с математической, военной и экономической сферами жизнедеятельности общества.

За рубежом в настоящее время унификацию и стандартизацию терминологии по логистике проводят следующие крупнейшие логистические организации:

– CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals) — Совет профессионалов в области управления цепями поставок, который основан в США в 1963 г.;

– ELA (*European Logistics Association*) — Европейская логистическая ассоциа-

ция, которая была создана в Швейцарии в 1984 году [10].

У истоков создания CSCMP находились консультанты, менеджеры и преподаватели, связанные с управлением на транспорте, со складированием, с управлением запасами. На то время уже стало понятно, что данные области необходимо объединять в единое направление деятельности — логистику. Прежде чем CSCMP обрело современное название, вначале был создан Национальный совет управления физическим распределением (англ. *National Council of Physical Distribution Management, NCPDM*). Потом, в 1985 г., название было изменено на Совет логистического менеджмента, и далее, в 2004 г. образовался CSCMP [9].

В период работы Совета логистического менеджмента было дано следующее определение логистики: «Логистика — это процесс планирования, осуществления и контроля эффективного, действенного потока и хранения товаров, услуг и соответствующей информации от точки происхождения до точки потребления с целью соответствия требованиям клиентов» [11].

В свою очередь, организация ELA, дала следующее определение: «Логистика — это планирование, выполнение и контроль движения и размещения людей и (или) товаров, а также поддерживающие действия, связанные с таким движением и размещением, в пределах экономической системы, созданной для достижения своих специфических целей» [12].

Организация ELA при помощи ведущих специалистов создала словарь, куда вошли все термины и определения в сфере логистики и смежных с ней областей знаний. Данный словарь охватывает такие направления

логистики, как маркетинг, планирование, закупки, производство, распределение, продажи, управление товародвижением и экспедирование грузов.

За основу подавляющего большинства определений логистики принят поток, в частности материальный поток. Разнообразные определения логистики связаны с точками зрения специалистов из разных сфер деятельности, например, экономистов, финансистов, маркетологов, менеджеров, ученых и т. д.

Ключевыми факторами конкурентного преимущества являются лидерство в качестве продуктов и услуг, лидерство в снижении затрат, фокусировка на стратегических направлениях. М. Портер ввел понятие цепи полной стоимости как декомпозицию бизнеса на ключевые и поддерживающие потоковые процессы.

С помощью логистики можно управлять не только физическим движением товаров, но и экономическим движением формы стоимости товаров.

Организуя производственный процесс во времени и в пространстве, следует исходить из логистических принципов, правильное использование которых обеспечит повышение эффективности работы предприятия, рационального уровня расходуемых ресурсов, снизит непроизводственные затраты.

Логистическая организация производственного процесса позволяет оптимизировать транспортные расходы, оборотные средства и существенно снизить себестоимость продукции, что в условиях конкуренции является особым преимуществом для достижения стратегических целей производственного предприятия (рис. 1).

Невзирая на разнообразие в представлениях о логистике, имеется общий взгляд на логистику как на науку об управлении и оптимизации материального потока.

Тем не менее, по мнению автора, логистика не должна ограничиваться управлением материального потока, а должна охватывать все ресурсные потоки и соответствующие им информационные потоки и транс-

портные, необходимые для осуществления воспроизводственного цикла в экономической системе.

Под ресурсными потоками понимаются материальные, финансовые, трудовые, кадровые, сервисные потоки, которые генерируются экономической системой и преобразуются в процессе воспроизводства.

Закономерно, что в настоящее время все большее распространение получает управленческая концепция «Управление цепями поставок» (англ. Supply Chain Management, SCM), заключающаяся в интегрированном подходе к управлению всеми ресурсными, транспортными и информационными потоками, возникающими и преобразующимися в бизнес-процессах предприятия для получения экономического эффекта, увеличения финансового потенциала. Контекстная диаграмма «Производство продукта» (рис. 2) представляет общее описание деятельности производственного предприятия, как субъекта экономической системы, и направления финансовых потоков в воспроизводственном цикле.

В научной среде есть мнение, что SCM является естественным продолжением интегрированной логистики.

В этой связи нельзя не упомянуть о признанном лидере в области операционного менеджмента, в который входит управление закупками, управление запасами, производство, управление цепью поставок, — Ассоциацией операционного менеджмента (англ. *Association for Operations Management, APICS*).

APICS была основана в США в 1957 г. для объединения усилий квалифицированных специалистов в области производственного и складского контроля. Сейчас APICS представляет собой организацию, насчитывающую 45 тыс. членов из более 100 стран мира.

За 60 лет работы APICS превратился в стратегического партнера для глобальных корпораций и частных лиц на всех уровнях карьеры, является мировым лидером в области организационных преобразований, инноваций и лидерства в сфере цепочек

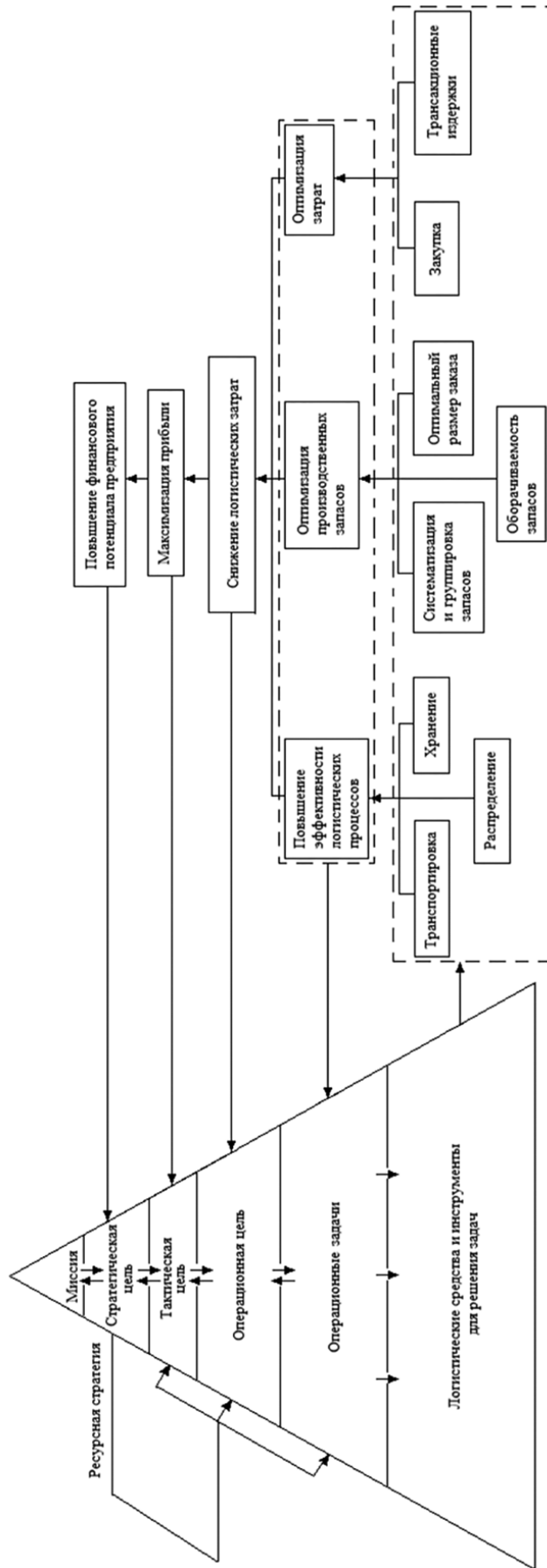


Рис. 1. Логистические инструменты для достижения целей предприятия
 Источник: собственная разработка автора на основании [3, 5, 7].

поставок. Образовательные программы APICS гарантируют, что сотрудники могут быть успешными даже при управлении крупнейшими и самыми сложными цепочками поставок [8].

В начале 2019 г. организацией APICS была создана Ассоциация по управлению цепочками поставок (*Association for Supply Chain Management, ASCM*). ASCM работает с глобальной сетью организаций мирового класса, в числе которых международные компании Accenture (Ирландия), Deloitte (Великобритания), компания PwC (Великобритания), Американский институт искусственного интеллекта (AIAI), Китайская федерация логистики и закупок (CFLP), Совет по цепям поставок SCC (Канада), MXD Group (США) и др.

Таким образом, APICS является ассоциацией по управлению цепочками поставок и ведущим поставщиком научно-

исследовательских, образовательных и сертификационных программ, которые повышают качество цепочки поставок, инновации и устойчивость.

По мнению автора, в настоящее время диапазон охвата APICS логистических потоковых процессов свидетельствует о том, что современная логистика является мощным инструментом в управлении экономикой на разных уровнях.

Исходя из сказанного, в экономическом аспекте можно дать следующее определение логистики: логистика является наукой об управлении интегрированными потоками ресурсов (материальными, финансовыми, сервисными, трудовыми, кадровыми), циркулирующими в транспортно-коммуникационной сети воспроизводства для достижения заданных целей в границах экономической системы микро-, мезо- и макроуровня.

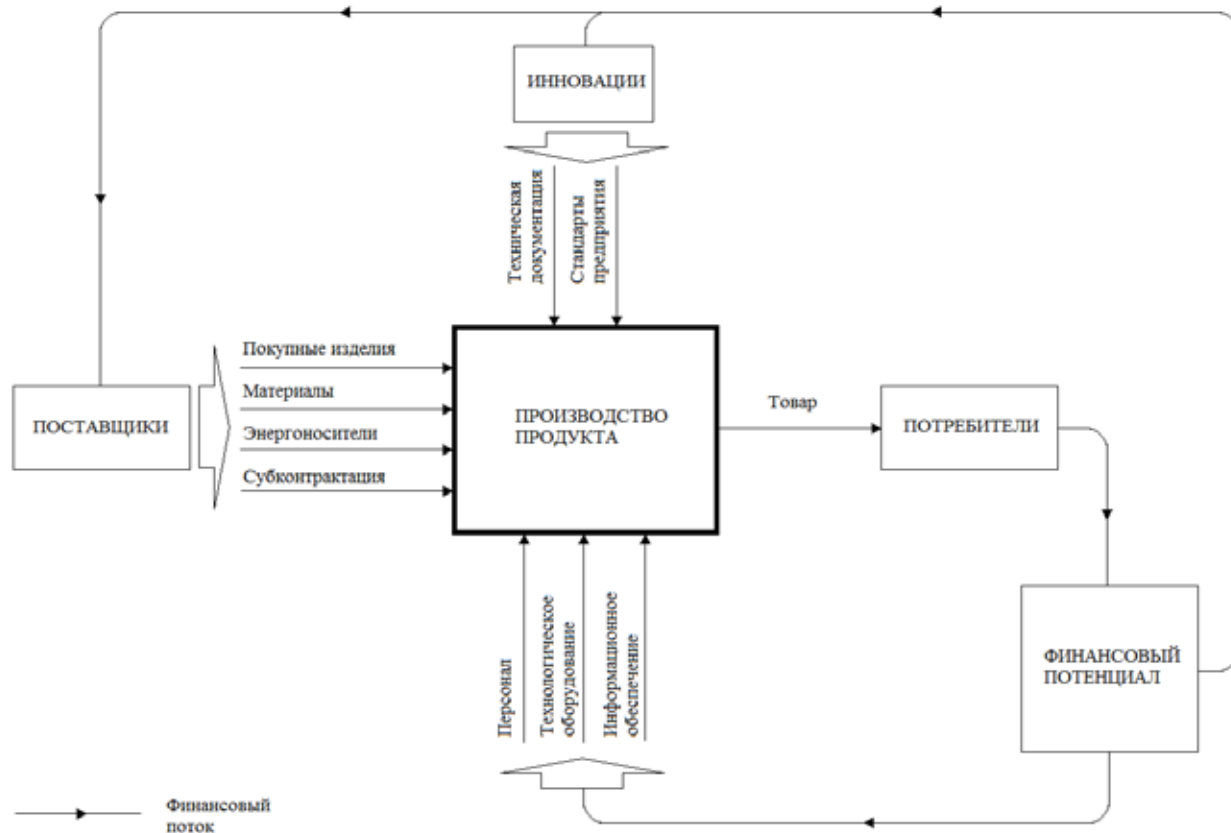


Рис. 2. Контекстная диаграмма «Производство продукта»

Источник: собственная разработка автора.

В последние годы наблюдаются коренные преобразования в логистике как стратегическом направлении деятельности в экономическом пространстве. Логистика становится интегральным инструментом менеджмента для достижения заданных целей в бизнесе.

Литература:

1. Григорьев, М. Н. Логистика. Продвинутый курс. В 2 ч. Ч. 2: учебник для бакалавриата и магистратуры / М. Н. Григорьев, А. П. Долгов, С. А. Уваров. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство «Юрайт», 2018. — 341с.

2. Ивуть, Р. Б. Логистика / Р. Б. Ивуть. — Минск: БНТУ, 2013. — 229 с.

3. Калашникова, И. С. Логистическая стратегия как средство повышения конкурентоспособности предприятия // Научное сообщество студентов. — 2018. — № 1. — 145 с.

4. Логистика и управление цепями поставок: учебник для академического бакалавриата / под ред. В. В. Щербакова. — М.: Издательство «Юрайт», 2019. — 582 с.

5. Моисеева, Н. К. Экономические основы логистики: учебник / Н. К. Моисеева; под общ. ред. В. И. Сергеева. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. — 528 с.

6. Неруш, Ю. М. Логистика; учеб. и практикум для СПО / Ю. М. Неруш, А. Ю. Неруш. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство «Юрайт», 2019. — 559 с.

7. Родников А. Н. Логистика. Терминологический словарь / А. Н. Родников. — М: Инфра-М, 2015.

8. <http://www.apics.org/> — официальный сайт Ассоциации операционного менеджмента (Association for Operations Management, APICS).

9. <https://cscmp.org/> — официальный сайт Совета профессионалов в области управления цепями поставок (Council of Supply Chain Management Professionals, CSCMP).

10. <https://www.elalog.eu/> — официальный сайт Европейской логистической ассоциации (European Logistics Association, ELA)

11. Supply Chain Management. // Terms and glossary. Council of Supply Chain Management Professionals, August 2013. — 222 p.

12. Terminology in Logistics. Terms and Definitions. // Glossary of Logistics Terms. European Logistics Association, 2005.

УДК 656.078

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

RAILWAY DIGITALIZATION

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 — 16.12.2020 г.

В статье рассмотрены основные аспекты цифровизации железной дороги и определены составляющие данного процесса. В целом установлено, что цифровизация должна охватывать три основных фундаментальных составляющих: организацию перевозок, подвижной состав и технические средства инфраструктуры. В развитии исследования обоснованы принципы цифровизации по каждой из составляющих, а также определены организационные и технические меры, необходимые к реализации в процессе внедрения цифровых технологий.

The article discusses the main aspects of digitalization of the railway and identifies the components of this process. In general, it was established that digitalization should cover three main fundamental components: the organization of transportation, rolling stock and technical infrastructure. In the development of the study, the principles of digitalization for each of the components were substantiated, and organizational and technical measures necessary for implementation in the process of introducing digital technologies were determined.

Ключевые слова: : цифровые технологии, железная дорога, организация перевозок, умный локомотив, технические средства инфраструктуры.

Keywords: digital technologies, railway, organization of transportation, smart locomotive, technical means of infrastructure.

Введение.

Повсеместное использование цифровых технологий является наиболее яркой тенденцией развития современного общества; степень информатизации и автоматизации в настоящее время во многом характеризует уровень конкурентоспособности как отдельных отраслей и секторов, так и национальных экономик в целом. Цифровые технологии, при грамотном применении, позволяют значительно сократить затраты, связанные с поиском, хранением и распространением информации, улучшить качество производственных и технологических процессов, повысить уровень безопасности и расширить связи с субъектами внешней среды. Ряд отмеченных выше факторов в совокупности с существенным влиянием цифровых технологий на жизнь общества привели к появлению в экономике понятия «цифровая экономика» (*digital economy*).

Глобальное внедрение цифровых технологий и интернета вещей (IoT) во всех сферах жизнедеятельности не позволяет обойти стороной и транспортные коммуникации. В условиях огромной конкуренции в сфере грузовых и пассажирских перевозок первостепенное значение приобретает эффективность использования основных фондов, участвующих в этом процессе, особенно на железнодорожном транспорте. Игнорировать цифровизацию в условиях необходимости увеличения скорости движения поездов, оперативности принятия управленческих решений, увеличения пропускной способности на участках железной дороги означает не только не получить развитие, но и потерять те позиции, которые достигнуты сегодня. Стремительное развитие процессов цифровой трансформации экономики и общества, имеющее как свои преимущества (стремительный экономический рост, улучшение качества услуг и др.), так и определенные не-

достатки (сокращение количества рабочих мест, повышение уровня информационной угрозы и т. д.), актуализирует задачу адекватного информационно-аналитического обеспечения управления этими процессами в области развития транспортной инфраструктуры. В данном контексте основной целью исследования, проведенного в рамках статьи, является обоснование сущности и элементов цифровизации железной дороги как основной составляющей транспортной системы страны.

Внедрение цифровых технологий в работу железнодорожного транспорта.

Оптимизация процессов управления движением на железной дороге невозможна без внедрения цифровых технологий, основанных на использовании искусственного интеллекта, в работу объектов инфраструктуры и подвижные единицы. Цифровизация позволяет сформировать условия для реализации принципиально нового подхода к развитию железнодорожных компаний, основой которого выступает качественное сопровождение транспортных потоков и потоков денежных средств.

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 взаимосвязанных цифровых технологий, затрагивающих все составляющие перевозочного процесса. При этом важно подчеркнуть высокую значимость совместной цифровизации всех составляющих, что обусловлено возможностью роста конкурентоспособности отрасли исключительно в рамках получения синергетического эффекта (рис. 1).



Рис. 1. Организация перевозочного процесса по средствам цифровизации

Таким образом, для достижения цели повышения конкурентоспособности и эффективности отечественной железной дороги цифровизация и интеллектуализация должна охватывать три основных фундаментальных составляющих перевозочного процесса:

- организацию перевозок;
- подвижной состав;
- технические средства инфраструктуры.

Основу мероприятий по цифровизации железной дороги должны составить меры, направленные на информатизацию и автоматизацию перевозочного процесса. Развитие технической и эксплуатационной интеллероперабельности железнодорожных коридоров, базирующееся на реализации цифровых технологий, оптимизирующих процесс перевозок, важно организовать в рамках следующих мер [1, 2, 3, 4]:

1. Разработка единой автоматизированной системы управления и ее внедрение в работу железнодорожного транспорта. Основной целью внедрения такой системы является автоматизация всех бизнес-процессов, реализуемых структурами управления движением, субъектами инфраструктуры и центром транспортного обслуживания в рамках организации перевозочного процесса. При этом функционал единой автоматизированной системы управления включает в себя все существующие горизонты планирования — от го-

дового и месячного планирования до диспетчерского регулирования, и позволяет формировать как краткосрочные, так и средне- и долгосрочные прогнозы, что способствует оптимизации работы диспетчеров за счет приема качественных управленческих решений. Суть управляющей системы проявляется в формировании планов и регулировочных заданий, как для диспетчерского и инженерного персонала, так и в виде управляющих сигналов с передачей на локомотивы и оборудование инфраструктуры.

2. Построение системы управления перевозочным процессом, основанной на принципах «клиентоориентированности» и адаптивности», направленной на наиболее полное удовлетворение запросов и потребностей клиентов за счет оптимального построения маршрутов, а также подбора лучшего скоростного режима и применения «твердых» расписаний железнодорожного движения. Создание такой системы может быть основано на использовании мультиагентных технологий, позволяющих осуществлять адаптивное планирование и последующий контроль установленных плановых значений в режиме реального времени. Мультиагентные технологии при этом предполагают создание сети агентов, взаимосвязанных между собой и конкурирующих на основе заданного алгоритма, в рамках которого

осуществляется выбор наилучшей альтернативы из ряда возможных вариантов [5, с. 138–139]. Такой алгоритм одновременно формируется на основе критерия максимального удовлетворения интересов всех входящих в сеть агентов при полном соблюдении установленных ограничений и правил. Результатом функционирования системы управления, основанной на принципах «клиентоориентированности» и адаптивности», является принятие альтернативы, оптимизирующей перевозочный процесс и позволяющей производить наиболее оптимальное распределение и использование имеющейся ресурсной базы.

3. Организация недискриминационного доступа клиентов к инфраструктуре железных дорог, то есть обеспечение равнодоступности инфраструктуры для всех перевозчиков, в том числе применение единых критериев доступа к услугам по использованию инфраструктуры, обеспечение конкуренции в сфере железнодорожных перевозок, проведение в отношении перевозчиков единой ценовой (тарифной) политики в сфере услуг по использованию инфраструктуры. Обеспечение недискриминационного доступа при этом возможно за счет размещения общедоступной информации о перечне услуг по использованию инфраструктуры и порядке их выполнения, установленных тарифах и программе скидок за оказание услуг по перевозкам в больших объемах, уровне сборов за эти услуги для всех участников перевозочного процесса на всех этапах пользования железнодорожным транспортом общего пользования.

4. Автоматизация отношений с клиентами, а также отношений между подразделениями железной дороги (подразделениями транспортного обслуживания и центрами управления движением). Автоматизация отношений с клиентами при этом предполагается за счет использования CRM-систем (*Customer Relationship Management*). Современные CRM-системы включают в себя все аспекты взаимодействия с клиента-

ми: от организации перевозочного процесса, до условий оказания услуг и реализации проездных документов. Автоматизация отношений между подразделениями железной дороги предполагается на базе применения передовых управленческих и информационных технологий и IT-инструментов, позволяющих перевозчикам систематизировать информацию о своих клиентах на всех стадиях жизненного цикла (привлечение, удержание, лояльность), анализировать полученные данные и извлекает из них знания, а также в последующем использовать их в своих интересах.

5. Использование возможностей электронного документооборота. Внедрение безбумажной технологии на всех этапах оказания услуг, в том числе на этапе прохождения пограничного и таможенного контроля, а также формирования пакета документов для совершения перевозочного процесса. Данная опция обеспечит более эффективное управление за счет автоматического контроля выполнения принятых решений, а также прозрачность деятельности организации на всех уровнях, поддержку эффективного накопления, управления и доступа к информации, экономию ресурсов за счет сокращения издержек на управление потоками документов в организации, исключение необходимости или существенное упрощение и удешевление хранения бумажных документов за счет наличия оперативного электронного архива и другое.

6. Использование возможностей электронных торговых площадок — программно-аппаратных комплексов информационных, организационных и технических решений, обеспечивающих в одном информационном и торговом пространстве взаимодействие между поставщиками и потребителями транспортно-логистических услуг. Данная мера особенно важна для эффективной реализации услуг в сфере грузовых перевозок. Оптимальный механизм покупки и продажи, реализованный в рамках электронных торговых площадок, позволяет проводить

операции в режиме реального времени, а наличие на них большого количества компаний дает возможность формирования наиболее полной базы предложений, которыми могут воспользоваться все участники. Кроме этого, ЭТП предоставляют возможность использования ряда сервисов, повышающих эффективность работы поставщиков транспортных услуг и гарантирующих безопасность сделки для потребителей.

7. Разработка и внедрение системы отслеживания перемещения грузов, вагонов и контейнеров, учитывающей особенности перевозочного процесса и позволяющей получать данные о местонахождении грузов в режиме реального времени (как на сети отечественных железных дорог, так и за рубежом). Использование современных систем слежения приводит к росту качества оказываемых услуг за счет контроля критических параметров на каждом этапе перевозочного процесса (в любое время суток и из любой точки мира), а также оптимизации маршрутов, и, как результат, минимизации эксплуатационных издержек за счет сокращения простоев. Кроме отмеченного, системы слежения повышают безопасность доставки товара. В целом оценка данных, систематизируемых и предоставляемых системами отслеживания подвижных составов и грузов, позволяет:

- получать информацию о местонахождении грузов или подвижных составов в каждый рассматриваемый промежуток времени;
- устанавливать скорость движения подвижного состава и направления движения груза;
- получать сведения о техническом состоянии подвижного состава;
- формировать выводы о соблюдении графика движения.

Реализация функции слежения повышает привлекательность оказываемых железной дорогой услуг за счет снижения рисков владельцев груза и страховых компаний до минимума.

8. Внедрение в работу железной дороги специализированных интеллектуальных си-

стем, предусматривающих защиту от кибератак и полную отказоустойчивость системы управления грузо- и пассажиропотоками, а также применение систем железнодорожной автоматики и связи, гармонизированных со стандартами ERTMS (европейская система управления трафиком, разработанная европейскими поставщиками сигнализации (UNISIG) и Европейскими железными дорогами и промышленностью GSM-R) [6, с. 53]. В рамках цифровизации работы железной дороги важно предусмотреть реализацию организационных и технических мер, которые должны быть направлены:

- на обеспечение доступа, то есть предотвращение неправомерного блокирования информации, помех в предоставлении ИТ-услуг;
- обеспечение целостности, то есть исключение неправомерного модифицирования или уничтожения информации;
- обеспечение конфиденциальности, то есть предотвращение возможного неправомерного доступа к внутренним программам (или попыток такого доступа), а также исключение возможности копирования, повторного сохранения, предоставления или распространения информации.

Обеспечение отмеченных направлений производится в зависимости от автоматизируемых сервисных блоков, применяемых классов автоматизированных решений и цифровых технологий.

Следующим вектором инновационного развития железнодорожного транспорта в области цифровизации является модернизация подвижных составов путем реализации концепции «умный локомотив» и «умный поезд». Необходимость такой модернизации обусловлена включением подвижных составов в общую систему автоматизированного управления, в рамках которой они выступают как объекты управления. Схематично реализация концепции «умный локомотив» отражена на рис. 2.

Для тягового подвижного состава в рамках обеспечения цифровизации железной

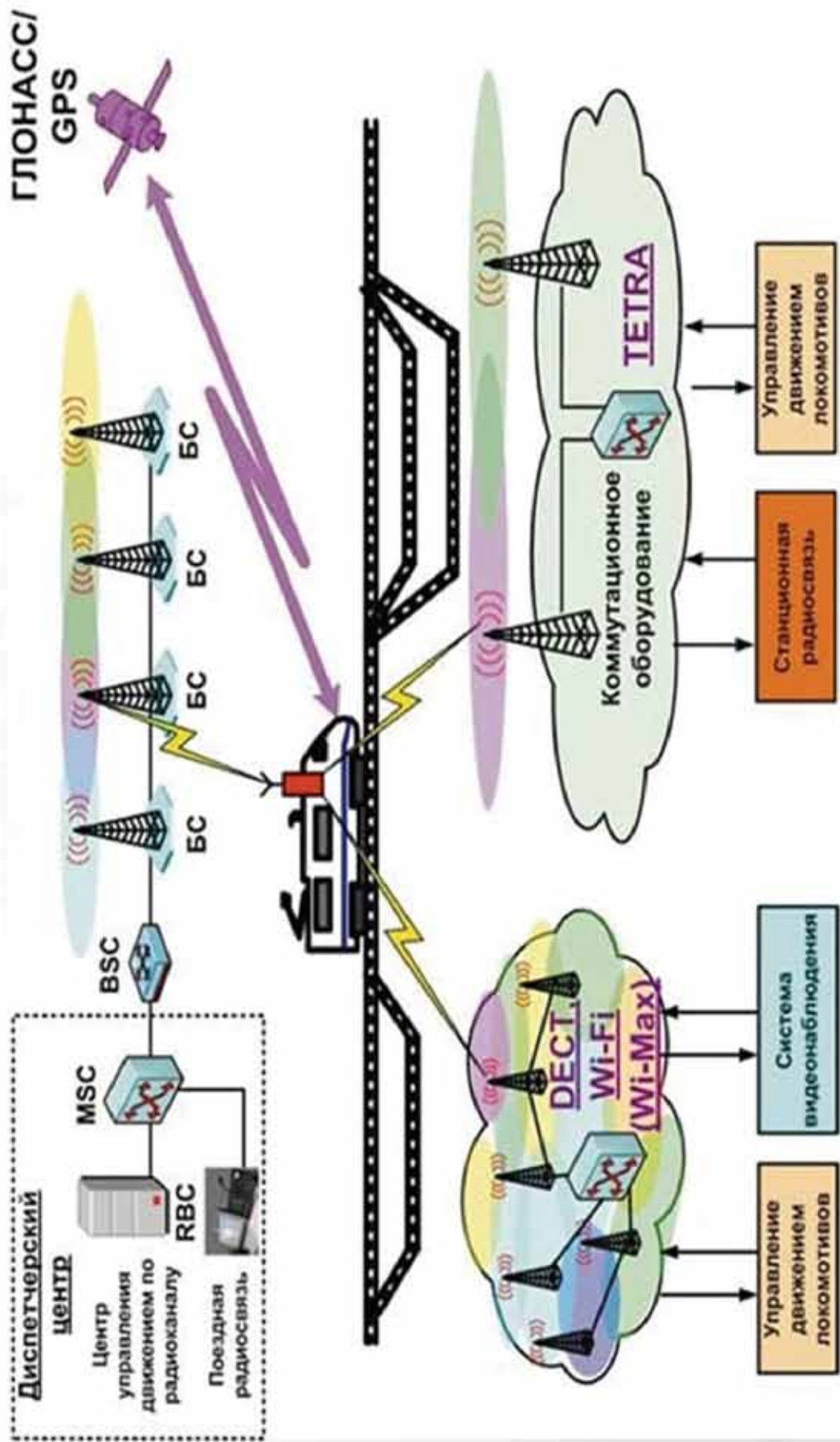


Рис. 2. Реализация концепции «умный локомотив»

дороги необходимо обеспечить следующее [7, 8]:

– Внедрение микропроцессорной системы управления подвижным составом, позволяющей осуществлять диагностику его состояния, и одновременно включающей решения для обеспечения комплексной локомотивной безопасности. Такая система позволит объединить все локомотивное оборудование, организовать бесконтактное управление им, а также осуществлять контроль режимов работы и состояния локомотивного оборудования с оповещением при достижении критических значений. Кроме того, в рамках системы появится возможность проведения диагностики основных систем и узлов с выдачей информации машинисту и последующей передачи такой информации в базу данных.

– Внедрение единой системы автоматизированного управления перевозочным процессом, способствующей автоматизации основных составляющих железнодорожного движения, в том числе части функций машиниста (за счет организации более удобных вариантов общения машинистов с центрами управления). Такая система будет представлять собой аппаратно-программный комплекс для управления подвижным составом с максимальной энергетической эффективностью и с соблюдением требований безопасности движения в пределах заданных, с учетом местных условий, параметров и характеристик движения.

– Применение эффективной системы рекуперации электроэнергии в контактную сеть, обеспечивающей существенную экономию энергозатрат, а также уменьшение влияния некоторых негативных электрофизических процессов, возникающих в силовых цепях, на работу электрооборудования локомотива.

– Использование в конструкциях «умных поездов» специализированного оборудования, предусматривающего возможность накопления электроэнергии, и позволяющего оптимизировать ее расход и повысить энер-

гетическую эффективность за счет ее перераспределения в режиме тяги, в выбеге и на стоянке.

– Использование в конструкциях «умных поездов» адаптивных систем управления дизель-генераторной установкой, позволяющих оптимизировать удельный расход топлива и повысить энергетическую эффективность за счет учета режимов загрузки.

Кроме отмеченных принципов, реализация концепции цифровой железной дороги предполагает внедрение системы автоматического управления, позволяющей осуществлять управление поездом без участия машиниста. Одновременно важно предусмотреть такие технические характеристики локомотивов, которые обеспечат возможность использования в рамках управления ими передовых IT-решений, способных обеспечить в необходимом объеме передачу и получение информации в режиме реального времени.

Последней составляющей цифровизации является модернизация железнодорожной инфраструктуры, развитие которой в настоящее время связано со строительством высокоскоростных магистралей и внедрением технологий перевозки грузов и пассажиров на высоких скоростях — 160 км/ч и более. Формирование системы высокоскоростного сообщения в целом выступает неотъемлемым условием для удовлетворения потребностей современного общества, так как позволяет оптимизировать систему управления.

Использование высокоскоростных технологий требует новых подходов к проектированию и строительству верхнего строения пути, контактной сети и других объектов инфраструктуры, а также обуславливает необходимость внедрения принципиально новых IT-технологий на всех этапах жизненного цикла (от проектирования до эксплуатации). В данном контексте речь идет о технологиях цифрового моделирования или BIM-технологиях, которые позволяют более эффективно и прогнозируемо осуществлять строительство и реконструкцию инфраструктурных объектов, а также создают

основу для более экономичной их эксплуатации в дальнейшем [9, 10]. Использование методики оценки эксплуатационных затрат применительно к конкретным участкам железной дороги с их геотехническими особенностями, взамен зачастую реализуемым усредненным методам, а также модели сравнения получаемого эффекта до и после реализации проекта развития инфраструктуры железнодорожного транспорта и конкретного организационно-экономического механизма, основанного на использовании технологий моделирования, позволяет добиться максимального эффекта в снижении эксплуатационных расходов на содержание инфраструктуры в последующем. Задействование технологий обработки объемных массивов цифровых данных приведет к переходу к оптимальному управлению содержанием объектов инфраструктуры. В этом случае обслуживание и ремонт будут выполняться не в соответствии с регламентом, как это производится в настоящее время, а по факту предотказного состояния объекта: обслуживание и профилактика объекта будут осуществляться в момент, когда те или иные параметры будут приближаться к критическим значениям (например, потреблять больше тока, перегружаться).

Таким образом, представленные выше технологические решения являются основными, обеспечивающими создание цифровой железной дороги, способной занять высокую конкурентную позицию в мировой транспортной системе. При этом при грамотном формировании системы в процессе цифровизации однозначно произойдет снижение эксплуатационных расходов, что в свою очередь, позволит железнодорожному транспорту восполнить утраченные объемы выполняемой работы, расширяя круг клиентуры. В целом цифровизация позволит решить ряд концептуальных задач, направленных на укрепление позиции железной дороги, как надежного перевозчика (рис. 3)

Перечень данных задач в общем виде включает:

- улучшение качества оказываемых услуг в области перевозок пассажиров и грузов, а также расширение их ассортимента;
- рост пропускной и провозной способности в результате использования автоматизированных систем;
- повышение уровня безопасности перевозок, в том числе за счет максимального исключения «человеческого фактора» в условиях автоматизации;
- сокращение трудоемкости оказываемых услуг за счет упрощения всех управленческих и технологических процессов;
- оптимизацию эксплуатационных расходов ввиду уменьшения трудоемкости, снижения ошибок и простоев и уменьшения расходов на содержание инфраструктуры;
- повышение уровня информационной безопасности;
- обеспечение максимальной интеграции национальной железнодорожной инфраструктуры в мировую транспортную систему.

Таким образом, цифровизация железной дороги позволит повысить эффективность функционирования железной дороги за счет улучшения качества оказания услуг и роста их безопасности, увеличения провозной и пропускной способности, а также оптимизации эксплуатационных расходов. Кроме того, использование цифровых технологий приведет к сокращению трудоемкости за счет более простой организации управленческих функций и технологических процессов.

Заключение.

Исследование основных тенденций развития общества в целом и транспортной отрасли в частности позволило установить высокую значимость цифровизации железной дороги, обусловленную ростом конкуренции в сфере перевозки пассажиров и грузов. Именно использование новейших технологий позволит повысить пропускную и провозную способность, улучшить качество оказания услуг при одновременном сокращении эксплуатационных расходов (следовательно, предложении более выгодных

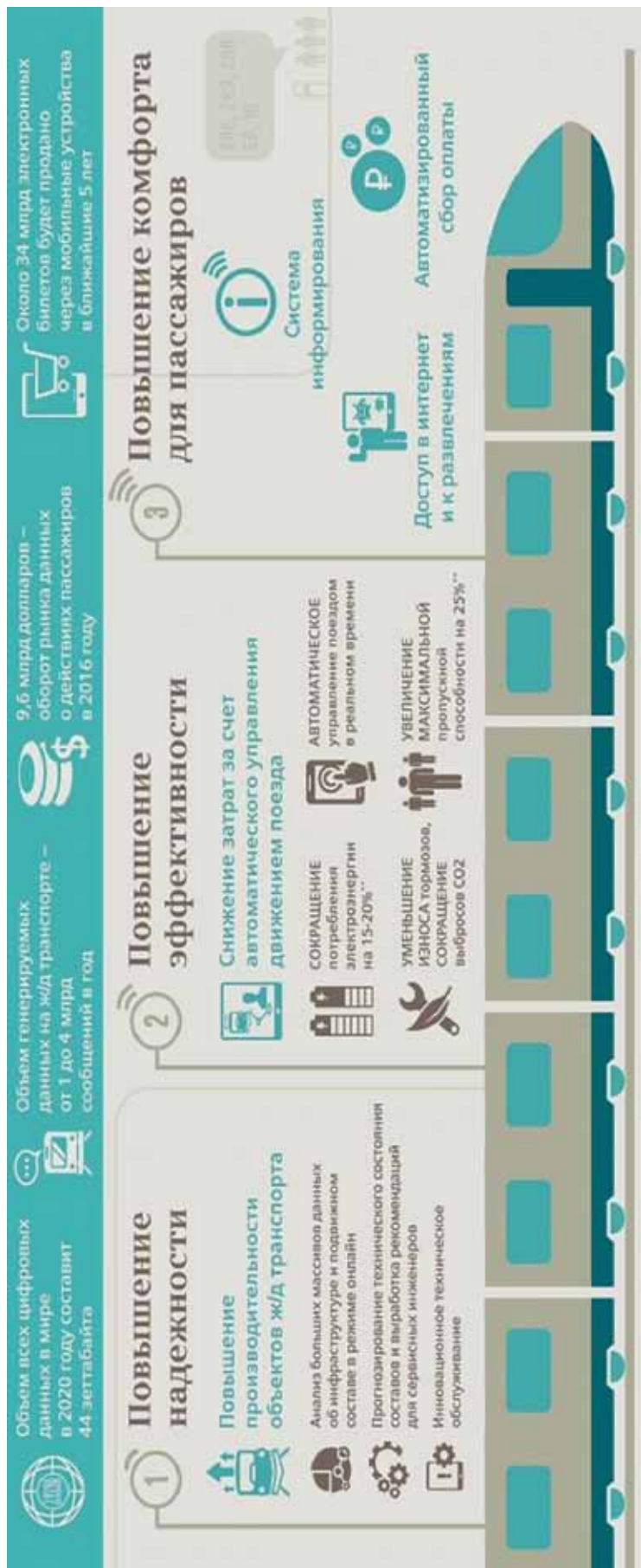


Рис. 3. Задачи, решаемые путем цифровизации железной дороги

тарифов) и тем самым обеспечить рост эффективности функционирования железнодорожного транспорта.

Для получения синергетического эффекта цифровизация при этом должна охватывать три основных фундаментальных составляющих перевозочного процесса: организацию перевозок, подвижной состав и технические средства инфраструктуры. Одновременно ядром внедрения цифровых технологий в работу железной дороги должна стать полная автоматизация деятельности, предполагающая информационную и интеллектуальную интеграцию подвижных составов, систем управления движением, технических средств инфраструктуры и пользователей.

Литература:

1. Розенберг, Е. Н. Цифровая железная дорога — ближайшее будущее / Е. Н. Розенберг // Автоном., связь, информ. — 2016. — № 10. — С. 4–7.
2. Терешина, Н. П. Современные проблемы экономики железнодорожного транспорта / Н. П. Терешина, Д. Г. Колядин, Т. А. Флягина. — М.: РУТ(МИИТ), 2019. — 131 с.
3. Bauer, T. Digital Railway Stations for Increased Throughput and a Better Passenger Experience / T. Bauer, D. N. Benito // *Sigh.+Draht*. — 2018. — Is. 7. — P. 6–12.
4. Hahanov, V. Cyber Physical Computing For IoT-driven Services / V. Hahanov. — New York: Springer Int. Publ. AG, 2018. — 279 p.
5. Левин, Б. А. Киберфизические системы в управлении транспортом / Б. А. Левин, В. Я. Цветков // *Мир транспорта*. — 2018. — Т. 16. № 2. — С. 138–145.
6. Левин, Б. А. Цифровая железная дорога: принципы и технологии / Б. А. Левин, В. Я. Цветков // *Мир трансп.* — 2018. — Т. 16. № 3. — С. 50–61.
7. Dikmen, M. Truns in Autonomous Vehicles: The Case of Tesla Autupilot and Summon / M. Dikmen, C. Burns // *IEEE Int. Conf. an Systems, Han, and Cybernetics (SMC)* // Banff, AB. -Canada, 2017. — P.1093–1098.
8. Heidmann, L. Smart Point Machines: Paving the Way for Predictive Maintenance / L. Heidmann // *Sign.+Draht*. — 2018. — Is. 9. — P. 70–75.
9. Бойков, В. Н. Цифровая автомобильная дорога как отраслевой сегмент цифровой экономики / В. Н. Бойков, А. В. Скворцов, Д. С. Сарычев // *Транспорт РФ*. — 2018. — № 2. — С. 56–60.
10. Ефанов, Д. В. Концепция современных систем управления на основе информационных технологий / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий // *Автоном., связь, информ.* — 2018. — № 5. — С. 20–23.

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.

Приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим наукам.

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 **vl@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 заключившие 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 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 страниц (включая таблицы, иллюстрации (не больше 5) 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, r и др.), знаки и символы (€, ±, ', ^, °, °, İ 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 редколлегией. 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. Редколлегия 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**

СТЕНД ПРОВЕРКИ КЛИСТРОНОВ

Стенд проверки клистронов предназначен для проведения проверок работоспособности, измерения параметров и тренировки комплектов усилительных клистронов импульсного и непрерывного действия, а также для проверки работоспособности усилителей мощности СВЧ-диапазона из состава передающих устройств радиосистем различного назначения.

Стенд обеспечивает:

- выдачу на аппаратуру стенда регулируемого трехфазного напряжения от 110 до 220 В частоты 400 Гц, напряжения 220 В частоты 50 Гц и постоянного напряжения 27 В;
- формирование высокого постоянного напряжения в аппаратуре стенда относительно корпуса — не более 16 кВ;
- поглощение согласованной нагрузкой клистрона средней мощности СВЧ — не более 6,5 кВт;
- диагностику спектральных параметров входного и выходного сигналов СВЧ и других параметров проверяемых клистронов с помощью измерительной аппаратуры из состава устройства диагностики;
- запись измеренных параметров клистрона на компьютер;
- защиту клистронов от перегрева, от пробоев в волноводном тракте, от перегрузок по току коллектора или току резонаторов, от низкого уровня и расхода охлаждающей жидкости;
- защиту аппаратуры стенда от пробоев в клистроне и от нарушений электрической прочности изоляции;
- защиту обслуживающего персонала от поражения электрическим током и СВЧ-излучением.

Характеристики стенда:

- питание стенда осуществляется от трехфазной сети переменного тока напряжением $380 \text{ В} \pm 38 \text{ В}$ частотой $50 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$ и от трехфазной сети переменного тока напряжением $220 \text{ В} \pm 10 \text{ В}$ частотой $400 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$;
- габаритные размеры стенда — $5800 \times 3700 \times 1750 \text{ мм}$;
- масса стенда — не более 250 кг.



Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью (НПООО) «ОКБ ТСП»

220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1, Республика Беларусь

Тел.: (+375 17) 311-05-69, 311-05-67, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspb.com

