

ISSN 2075-7204

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

№ 1 (68) 2024

**РОЛЬ ФИЗИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ В ОБЪЯСНЕНИИ МЕХАНИЗМОВ
ОБРАЗОВАНИЯ МИКРОПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**
THE ROLE OF PHYSICAL CRITERIA IN EXPLAINING
THE MECHANISMS OF FORMATION OF MICROPLASMA COATINGS

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА
ХРИЗОТИЛЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**
PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE PRODUCTION
OF CHRYSOTILE CEMENT MATERIALS

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ
С ДОЗИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ
С ОГРАНИЧЕНИЕМ МГНОВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ ТОКА**
A MATHEMATICAL MODEL OF A VOLTAGE CONVERTER
WITH DOSED ENERGY TRANSFER UNDER FREQUENCY CONTROL
WITH LIMITATION OF THE INSTANTANEOUS CURRENT VALUE



ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ОКБ ТСП»



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАЗРАБОТОК И ПРОИЗВОДСТВА

- Разработка элементов и систем СВЧ-диапазона:
 - приемно-преобразующих модулей
 - высокостабильных синтезаторов частоты
 - усилителей мощности
 - малозумящих усилителей
 - полосовых фильтров
 - импульсных модуляторов и других устройств
- Распределенные вычислительные системы промышленного и специального назначения
- Навигационные системы и датчики положения объектов
- Системы связи и передачи данных специального назначения
- Бортовые информационно-управляющие системы для шасси различного назначения
- Кунги и подвижные платформы с системами горизонтирования
- Высокоточные электрические и электро-гидравлические следящие приводы



Республика Беларусь, 220114, г. Минск, а/я 260
Тел.: (+375 17) 336-37-02, 336-37-08, факс: (+375 17) 336-37-09,
e-mail: office@okbtsp.com

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 6 февраля 2024 г. № 2 журнал входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим (машиностроение и машиноведение; приборостроение, метрология и информационно-измерительные системы) наукам.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ И РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Шлычков Сергей Владимирович

канд. воен. наук, доцент, Председатель ГКНТ

ЗАМЕСТИТЕЛИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

Суша Владимир Александрович

канд. воен. наук, доцент, директор ГУ «БелИСА», главный редактор

Савенко Сергей Александрович

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Аваков Сергей Мирзоевич

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры электронной техники и технологии УО «БГУИР»

Бойков Владимир Петрович

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

Ботеновская Екатерина Сергеевна

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

Володько Владимир Фёдорович

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

Ганэ Вадим Арведович

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник НПО «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 НПО «ОКБ ТСП», заместитель главного редактора

Дорошук Ольга Владимировна

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

Ивуть Роман Болеславович

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

Константинов Валерий Михайлович

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Материаловедение в машиностроении» БНТУ

Коробкин Владимир Андреевич

д-р техн. наук, профессор, лауреат Ленинской премии СССР, профессор кафедры «Тракторы» БНТУ

Косовский Андрей Аркадьевич

канд. экон. наук, доцент, Генеральный директор ОАО «ЦНИИТУ»

Листопад Николай Измаилович

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

Новикова Ирина Васильевна

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

Судиловская Елена Владимировна

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

Тумилович Мирослав Викторович

д-р техн. наук, доцент, начальник управления подготовки научных кадров высшей квалификации УО «БГУИР»

Щербаков Сергей Сергеевич

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Баханович Александр Геннадьевич

д-р техн. наук, доцент, Первый заместитель Министра образования Республики Беларусь

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, профессор кафедры мировой экономики УО «БГЭУ»

Фоломьев Александр Николаевич

д-р экон. наук, профессор, Заслуженный экономист России, зам. зав. кафедрой экономики и государственного регулирования рыночного хозяйства по научной работе 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

№ 1 (68) 2024 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

E-mail: doroshuk@belisa.org.by,
sudilovskaya@belisa.org.by
<http://www.belisa.org.by>

Дизайн и компьютерная верстка:

О. М. Сенкевич.

Издание распространяется:

1. По подписке через редакцию, а также через РУП «Белпочта» (цена номера — 25,60 руб. (с НДС)).
2. По целевой адресной рассылке в органы государственного управления, организации и предприятия научно-технической сферы.
3. На международных и 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. 9,77. Уч.-изд. л. 6,23.
Гарнитура Minion.
Подписано в печать 28.03.2024.
Тираж 100 экз. Заказ № 3.

Отпечатано в издательско-полиграфическом отделе ГУ «БелИСА».

Лиц. в ЕРЛ 3820000018831 от 14.09.2018.

ВНОМЕРЕ:

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Роль физических критериев в объяснении механизмов образования микроплазменных покрытий

Н. М. Чигринова

The Role of Physical Criteria in Explaining the Mechanisms of Formation of Microplasma Coatings 3

N. Chigrinova

Проблемы и перспективы производства хризотилцементных материалов

С. Е. Пуненков

Problems and Prospects for the Production of Chrysotile Cement Materials 8

S. Punenkov

Математическая модель преобразователя напряжения с дозированной передачей энергии при частотном управлении с ограничением мгновенного значения тока

С. И. Коновалов

A Mathematical Model of a Voltage Converter with Dosed Energy Transfer Under Frequency Control with Limitation of the Instantaneous Current Value 14

S. Konovalov

«Умные города» как важнейший элемент цифровой трансформации экономики государств — участников Евразийского экономического союза

О. С. Голубова

“Smart Cities” as the Most Important Element of Digital Transformation of the Economy of the Member States of the Eurasian Economic Union 29

V. Holubava

Зарубежный опыт стимулирования инновационного развития и его применение в условиях Республики Беларусь

А. А. Войтешик, Л. В. Гринцевич

Foreign Experience of Innovative Development Stimulation and Its Application in the Conditions of Belarus 40

A. Voitseshik, L. Grintsevich

Сценарный подход к обоснованию перспектив развития грузовых железнодорожных перевозок

А. А. Хорошевич

Scenario Approach to Substantiating the Prospects for the Development of Freight Rail Transportation 54

A. Khoroshevich

Формирование перечня приоритетных специальностей научных работников высшей квалификации, обеспечивающих развитие высокотехнологичных производств

А. Г. Захаров, И. К. Мурзич

The Formation of a List of Priority Specialties of High Qualification Researchers Ensuring the Development of High-Tech Production59

A. Zakharov, I. Murzich

Сертификация как устойчивый механизм повышения качества в туризме

З. М. Горбылева, И. А. Шамардина

Certification as a Sustainable Quality Improvement Mechanism in Tourism 67

Z. Harbyleva, I. Shamardzina

Оценка экспорта Республики Беларусь по факторам стоимости трудовых ресурсов и добавленной стоимости

А. Е. Дайнеко, В. В. Кожар

Assessment of Exports of the Republic of Belarus by Factors of Labor Cost and Added Value 74

A. Daineko, U. Kozhar

НА ЗАМЕТКУ

Правила для авторов 83

УДК 691.9.048.4

РОЛЬ ФИЗИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ В ОБЪЯСНЕНИИ МЕХАНИЗМОВ ОБРАЗОВАНИЯ МИКРОПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

THE ROLE OF PHYSICAL CRITERIA IN EXPLAINING THE MECHANISMS OF FORMATION OF MICROPLASMA COATINGS

Н. М. Чигринова,

профессор кафедры факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства
Белорусского национального технического университета, д-р техн. наук, доцент,
г. Минск, Республика Беларусь

N. Chigrinova,

Professor of the Department of Marketing, Management, Entrepreneurship Faculty
of the Belarusian National Technical University, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 27.11.2023.

В статье рассматривается возможность применения общеизвестных физических критериев подобия для объяснения механизма формирования покрытий при различных видах металлизации поверхностей. Целью данного исследования является определение роли выбранных физических критериев в выяснении характера и особенностей всех этапов образования микроплазменных покрытий методом электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием, осуществляемым в воздушной среде, и методом анодного микродугового оксидирования, проводимым в жидкой среде.

The article discusses the possibility of using well-known physical similarity criteria to explain the mechanism of coating formation for various types of surface metallization. The purpose of this study is to determine the role of selected physical criteria in elucidating the nature and characteristics of all stages of the formation of microplasma coatings by the method of electric spark alloying with additional ultrasonic action, carried out in an air environment, and by the method of anodic microarc oxidation, carried out in a liquid environment.

Ключевые слова: микроплазмоискровые технологии, процессы металлизации, управляемые и самоорганизующиеся компоненты, электроразряд, передающие среды, физические критерии, целевая функция, многофакторные функционалы.

Key words: microplasma-spark technologies, metallization processes, controlled and self-organized components, electric discharge, transmission media, physical criteria, objective function, multifactor functional.

Введение. При выборе адекватных физических критериев для объяснения механизма образования микроплазменных покрытий использовался известный подход [1], когда условия взаимодействия отдельного фрагмента (частицы) поверхности объекта с формируемым на ней покрытием принимаются в качестве целевой функции, например припекания. Такого рода подход ввиду своей общности для любых процессов металлизации видится вполне продуктивным и для микроплазмоискровой обработки в условиях управляемого электроразряда — интегрального метода электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием (ЭИЛ с УЗВ) и анодного микродугового оксидирования (АМДО) [1, 2].

Основная часть. Известен аналитический подход [3, 4], при котором в качестве одного из управляющих факторов процесса металлизации рассматривается контактная температура капли металла t_k , достаточная для сцепления частицы с металлируемой поверхностью.

В модели распределения температуры внутри микроплазменного разряда основная роль принадлежит самоорганизующимся компонентам, прежде всего температуре микроархара, определяющей кинетику процесса взаимодействия на контактной поверхности.

Для описания всех многовариантных взаимодействий, протекающих при осуществлении микроплазмоискровых процессов в различных передающих средах, использовались общеизвестные критерии [3]: Рейнольдса (Re — критерий динамического подобия), критерий Маха — Маевского (M — критерий сжимаемости газа), критерий Кнудсена (Kn — критерий непрерывности сечения), энергетический критерий ($Кэ$ — конвективный

критерий электротеплового взаимодействия), критерий Прандтля (Pr — магнитное число Прандтля), критерий Ома (Om — критерий проводимости) и др.

В предлагаемой модели микроплазменного разряда управляемыми факторами являются напряжение и ток процесса, расстояние между электродами (в случае ЭИЛ с УЗВ — дистанция между легирующим электродом и обрабатываемым изделием, при АМДО — расстояние между анодом (изделием)) и катодом (электролизной ванной или дополнительным электродом) [5].

Такая многофакторность микроплазмоискровых процессов требует для их описания использовать многофакторные сложные функционалы, содержащие в своей структуре основные компоненты обеих технологий. В конкретных расчетах в качестве целевой функции при этом используется многофакторный функционал вида $tk = t(E, T, k, N, \nu)$, зависящий, в свою очередь, от функционала, определяющего температуру процесса как функцию энергии, скорости реакции и времени $T = T(E, k \cdot t)$.

Для обеспечения сцепления частицы, находящейся в плазменном потоке, с металлической подложкой необходимы соответствующие T — температура контакта, E — энергия активации, объединенные выражением [6, 7]:

$$t = -\ln(1 - N/N0) \exp E/kT, \quad (1)$$

где t — время реакции;

N — число атомов из числа $N0$, прореагировавших за время реакции;

E — энергия активации;

K — константа скорости реакции;

T — температура в контакте;

V — частота собственных колебаний атомов, находящихся в контакте.

Таким образом, реализация этого процесса может быть описана многофакторным функционалом:

$$t = t(N, N0, E, k, T). \quad (2)$$

В приведенном функционале содержатся управляемые (E — энергия активации, T — контактная температура) и самоорганизующиеся (все остальные) компоненты, управлять которыми в совокупности возможно путем рецептурного подбора передающей среды и вариации подводимой энергии за счет изменения напряжения и тока анализируемых процессов.

С сохранением наполнения приведенного функционала (2) и подбором физических критериев [8, 9], содержащих алгебраические компоненты, необходимые для описания микроплазмоискровых процессов, осуществляемых в различных передающих средах, составлен подобный по физической сущности функционал, в который введены обобщенные характеристики материала, а не его отдельных фрагментов: составы передающей среды при АМДО и легирующего электрода, переносимого на поверхность в процессе интегрального воздействия ЭИЛ с УЗВ, его теплосодержание, удельный вес и энергия активации. Учитывалось, что на кинетику процесса массопереноса выбранного материала оказывают влияние проводимость плазмы, сила тока и напряжение, скорость перенесения частицы в потоке, имеющем определенное сечение, в среде с конкретным внешним давлением. Было принято, что для реализации конкретного (искрового) процесса переносимый материал должен иметь (при наличии ограничений на мощность источника энергии) достаточно низкое, по сравнению с металлизированной поверхностью, теплосодержание.

Управление микроплазмоискровыми процессами должно включать активацию в качестве ведущего фактора. Поскольку активация процесса в большинстве случаев близка к значениям энтальпии, то для описания механизма образования микроплазмоискровых покрытий целесообразно в качестве основного применить энергетический критерий, содержащий этот параметр [10, 11]:

$$K = I^2 / Ud^3 \sigma \rho i, \quad (3)$$

где I — ток дуги;

U — скорость потока;

d — присутствует характерный параметр;

σ — проводимость плазмы;

ρ — характерная плотность потока;

i — характерная энтальпия.

В приведенном энергетическом критерии присутствует трудноопределяемый на практике характерный параметр d , величина которого может быть выражена через число Кнудсена:

$$Kn = \langle L \rangle / d = C / dp, \tag{4}$$

где $\langle L \rangle$ — усредненное значение свободного пролета электрона;

C — постоянная для данного процесса величина;

p — усредненное давление внешней среды.

Для дальнейшего упрощения энергетического критерия в целях возможности управления процессом с помощью задаваемых, легкоизмеряемых и контролируемых в реальном времени параметров тока и напряжения предложено использовать число подобия Om , учитывающее, наряду с напряжением на дуге и током процесса, длину свободного пролета электронов и приблизительно постоянную проводимость плазмы [12]:

$$Om = d\sigma V / I, \tag{5}$$

где V — напряжение на дуге;

I — ток;

σ — проводимость плазмы.

Преобразуя $K = I / d \times Ud^2\rho i \times 1/\sigma$ и $Om/V = d\sigma/I$, получаем:

$$K = I \times V / Om \times 1 / Ud^2\rho. \tag{6}$$

Размерность выражения $Ud^2\rho$ включает компоненты:

$$M/L^3 \times L/T \times L^2 = M/T = dm/dt = Q, \tag{7}$$

где Q — итоговое значение массового расхода вещества электрода в единицу времени (кг/с).

Тогда выражение для ведущего для описания механизма металлизации при микроплазменном воздействии энергетического критерия принимает вид:

$$Q = I \times V / K \times Om. \tag{8}$$

При постоянном для стабилизированного процесса значении знаменателя управление массопереносом, как для ЭИЛ с УЗВ, так и для АМДО, в первом приближении может быть представлено параболической функцией при двумерном задании, связанной с произведением тока и напряжения микроплазменного процесса.

Проверка эффективности выбранных физических критериев для описания механизмов образования покрытий при микроплазменной обработке осуществлялась посредством аппроксимации полученных экспериментальных кривых нарастания толщины покрытия при ЭИЛ с УЗВ и АМДО-обработке путем составления и обработки регрессионных уравнений (рис. 1, 2) [11].

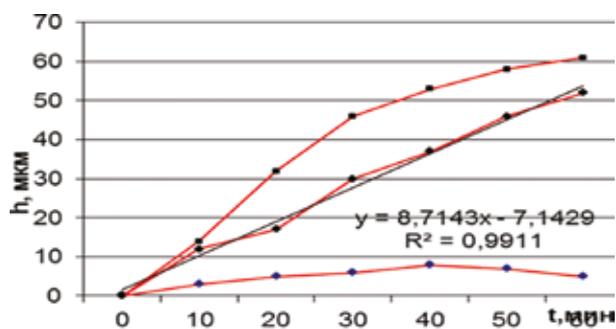


Рис. 1. Зависимость изменения толщины покрытия от времени при изменяющихся значениях тока АМДО

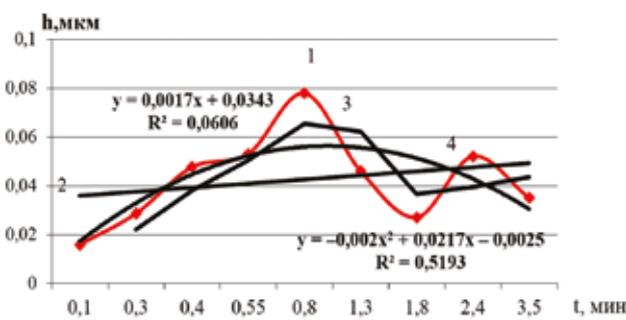


Рис. 2. Зависимость величины массопереноса твердосплавного электрода из вольфрамкобальтового сплава ВК8 на металлизирруемую основу от величины тока при ЭИЛ с УЗВ

В обоих случаях на рис. 1 и 2 экспериментальная кривая 1 отражает зависимости массопереноса электродного материала на обрабатываемую поверхность от режимов микроплазменной обработки; кривая 2 — линейный тренд к кривой 1; кривая 3 — линейная фильтрация кривой 1; кривая 4 — полиномиальная линия тренда к кривой 1.

Анализируя графики изменения толщины формируемого покрытия при микроплазменной обработке, следует подчеркнуть, что начальные участки изменения толщины покрытий при их обработке методами АМДО (см. рис. 1) и ЭИЛ с УЗВ (см. рис. 2) при малых токах (до 10 А) линейны.

Игнорирование наименьших значений приводит аппроксимирующий полином к виду:

$$y = 0,0117x^2 + 0,0086 \text{ при } R2 = 0,63.$$

Можно предположить, что в этом случае после преобразований: $X=I^2 = K/Ud^3\sigma\rho = K/C$, где $C = Ud^3\sigma\rho = const$, уравнение примет наиболее простую форму:

$$y = 0,0117 K/C + 0,0086.$$

Приведенные примеры показывают, что в первом приближении и с достаточно малой дисперсией совокупность представленных критериев может оказаться продуктивной в задачах моделирования при достаточно представительной выборке из результатов проведенных экспериментов.

Однако ударная активация плазменной дуги при микроплазменных воздействиях, равно как и ударная инициация процесса припекания, характерная для неплазменных методов металлизации поверхности, отличается рассматриваемые процессы ЭИЛ с УЗВ и АМДО, так как включает фазу ударного сжатия с образованием в контактном слое зону упругопластической (вязкоупругой и пластической) деформации, свойственной удару при малых скоростях.

Основные факторы этой стадии включают:

- повышение уровня акустической эмиссии, выявление характерных параметров волн (частот);
- повышение температуры в точках контакта;
- понижение энергии выхода электрона в точках контакта;
- вскрытие активных центров и ускорение химических и электрохимических взаимодействий;
- развитие дислокационных реакций.

Завершением ударной активации является отскок на величину L за время T ($T_{\min} \approx 10 \cdot 1/30\,000 = 1/3000 \text{ сек.} \approx 0,3 \text{ мс}$).

Термоудар, электронный взрыв следует после открытия тиристора на аппарате — источнике питания. Он реализуется путем электронного насыщения и пробоя межэлектродного промежутка при фиксированной мощности и напряжении, при этом выявляются такие важнейшие факторы управления процессом, как мощность, сила тока, напряжение и частота разряда, искра и фазовый переход с кольцевой волной КОЗ после отрыва в магнитном поле.

Процесс последовательно проходит через стадии:

- перегрева в зонах максимального перегрева поверхности;
- плазмообразования с максимумом плотности;
- удара;
- отскока, разряда;
- стока внешних электронов (в фазе после прохода разряда);
- кольцевой короны.

В результате ударного контактирования электрод, после воздействия волн ударной нагрузки, подвергается влиянию волн разгрузки, где фаза сжатия сменяется фазой растяжения [12, 13].

При известной энтальпии (теплосодержания) электродного материала:

$$\sum H_i = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \dots + \Delta P, \tag{9}$$

где $i = 1 \dots n$ — номера потенциальных энтальпий компонентов;

ΔP — энергия связи компонентов и выделение избыточной мощности (Дж), реализуется условие теплового баланса:

$$VC_p = W = \rho V \sum H_p, \tag{10}$$

из которого определяется максимально возможный объем V ($V = \frac{W}{\rho \sum H_i}$) частиц, составляющих насыщение плазменного пучка.

Сопровождающий процесс электрический разряд обуславливает оплавление и «стягивание» энергетически выгодно расплавленной массы любого электродного материала ΔV в виде оплавленной капли, обладающей кинетической энергией отрыва в области оплавления [12–14]. Появление такого рода фрагментов дополнительно к плазменному потоку качественным образом выделяет рассматриваемые микроплазменные процессы в отдельную группу. К представленному функционалу, наряду со временем ударного контакта $\tau_{1уд}$ и τ_2 и временем отрыва частицы τ_1' и τ_2' силы ударной электронной инициации оплавления и отрыва и ударной инициации схватывания и отрыва и соответствующей диссоциации электрической энергии разряда источника, добавляется энергия образования трещины, что является самостоятельным предметом исследования.

Заключение. В процессе проведенного исследования показано, что многофакторность микроплазменноискровых процессов ЭИЛ с УЗВ и АМДО требует для их описания использовать многофакторные сложные функционалы, содержащие в своей структуре основные компоненты обеих технологий, при этом в конкретных расчетах в качестве целевой функции используется многофакторный функционал вида $tk = t(E, T, k, N, v)$, зависящий, в свою очередь, от функционала, определяющего температуру процесса как функцию энергии, скорости реакции и времени $T = T(E, k, t)$.

Установлено, что изменение толщины покрытий при их обработке методами АМДО и ЭИЛ с УЗВ при малых (до 10 А) токах происходит линейно. Таким образом, введение в модель механизма металлизации при микроплазменноискровой обработке безразмерных и имеющих численное выражение критериев с заменой ими отношений действующих параметров позволяет упростить управление и коррекцию этих процессов.

Используемые источники информации:

1. Чигринова, Н. М. Инновации в электроискровых технологиях: теория и практика / Н. М. Чигринова. — Минск: Бестпринт. — 2018. — 261 с.
2. Чигринова, Н. М. Анодное микродуговое оксидирование: проблемы, решения, перспективы / Н. М. Чигринова. — Минск: Бестпринт. — 2019. — 256 с.
3. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учеб. пособ. для вузов. В 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, 1988.
4. Лифшиц, Е. М. Физическая кинетика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. — 2-е изд., испр. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 536 с.
5. Чигринова, Н. М. Интенсификация процессов микроплазменноискрового упрочнения и восстановления металлических изделий повышенной точности электромеханическим воздействием. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. — 310 с. с приложениями на 265 с. — Минск: Октябрь, 2010.
6. Кутателадзе, С. С. Анализ подобия и физические модели / С. С. Кутателадзе. — Новосибирск: Наука, 1986.
7. Губанов, В. А. Введение в системный анализ / В. А. Губанов, В. В. Захаров, А. Н. Коваленко. — Изд. Ленинградского университета, 1988. — 232 с.
8. Нигматулин, Р. И. Динамика многофазных сред / Р. И. Нигматулин. — Ч. I. — М.: Наука. — 1987. — 464 с.
9. Герловин, И. Л. Основы единой теории всех взаимодействий в веществе / И. Л. Герловин. — Л.: Энергоатом-издат, Ленингр. отделение, 1990. — 432 с.: ил.
10. Chigrinova, N. M. Theoretical model of the engineering of metal surfaces by microplasma alloying with the alternative intensity of the mechanical impact / N. M. Chigrinova // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. — Vol. 46. — No. 1. — Pp. 21–261.
11. Чигринова, Н. М. Использование автоматизированного измерительного комплекса для исследования микроплазменноискровых процессов / Н. М. Чигринова, А. В. Дроздов // Материалы Международного симпозиума «Прогрессивные технологии в порошковой металлургии». — Минск, 2005.
12. Стрелков, В. С. Физические основы методов диагностики плазмы в токамаке / В. С. Стрелков. — М.: МИФИ, 2004. — С. 88. (Серия «Учебная книга по диагностике плазмы»)
13. Konuma, M. Plasma techniques for film deposition / M. Konuma. — Germany: Alpha Science International Ltd., 2005. — 337 p.
14. Жданов, С. К. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках: учеб. пособие / С. К. Жданов, В. А. Курнаев, М. К. Романовский, И. В. Цветков. — М.: МИФИ, 2007. — 368 с.

УДК 622.73; 621.315.613.4

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ХРИЗОТИЛЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE PRODUCTION OF CHRYSOTILE CEMENT MATERIALS

С. Е. Пуненков,

заведующий базовой кафедрой «Обогащения полезных ископаемых» ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», канд. техн. наук, главный технолог управления ПАО «Ураласбест», г. Екатеринбург, Российская Федерация

S. Punenkov,

Head of the Basic Department of Mineral Enrichment of the Ural State Mining University, Candidate of Technical Sciences, Chief technologist of the department of Uralasbest PJSC, Ekaterinburg, Russian Federation

Дата поступления в редакцию — 16.01.2024.

В статье рассматриваются проблемы развития хризотиловой и хризотилцементной отраслей в странах СНГ с учетом того, что 95 % всего добываемого хризотил-асбеста в мире используется в производстве хризотилцементных изделий. Рассмотрены появляющиеся запросы производителей хризотилцементных изделий (шифера, хризотилцементных труб) к горно-обогатительным предприятиям стран СНГ по качеству поставляемых хризотил-волокон в связи с проявляющимися нарушениями физико-механических свойств шиферной продукции.

The article discusses the production technology, the problems of the development of the chrysotile and chrysotile cement industries in the CIS countries, taking into account the fact that today 95 % of the total produced chrysotile asbestos in the world is used in the production of chrysotile cement products. The emerging requests of the manufacturers of chrysotile cement products (slate, chrysotile cement pipes) to the mining and processing enterprises of the CIS countries in terms of the quality of the supplied chrysotile fibers due to the apparent violations of the physical and mechanical properties of the slate products are considered.

Ключевые слова: хризотил-асбест, хризотил-волокна, химический состав, портландцемент, смесь, качество, магистральные трещины, высолы, коробление, кровельный материал.

Key words: chrysotile-asbestos, chrysotile fibers, chemical composition, chrysotile cement, slate, chrysotile cement pipes and couplings, chrysotile cement sheets, siding, quality, main cracks, seedlings, warping, roofing material.

Создание шиферных — хризотилцементных изделий в конце XIX — начале XX в. можно назвать важным событием в мировой инженерной практике в связи тем, что этот простой двухкомпонентный материал имеет длительное время эксплуатации. Большим достоинством шиферных изделий, прежде всего листов и труб, является их биостойкость, безопасность и долговечность. Изделия не выделяют и не пропускают токсинов и газов, огнестойки и радиационно безопасны, имеют хорошие тепло- и энергосбережение, выдерживают перепады температуры и влажности. Не гниют, не ржавеют, бесшумны в эксплуатации, просты в применении. Имеют при этом низкую цену по сравнению с другими кровельными материалами, особенно с металлом или керамической черепицей. Реальные сроки эксплуатации изделий из шифера — более 50 лет [1, 2].

В России первые шиферные изделия были изготовлены в виде легкой асбестоцементной кровельной черепицы на заводе «Террофазерит» в 1908 г. в г. Брянске и назывались искусственным шифером, или террофазеритом. При производстве шифера в смесь входило 19 % хризотил-асбеста и 79 % портландцемента. Основной химический состав был следующим: SiO_2 — 16,8 %, CaO — 50,3 % и т. д.

Запуску данного завода способствовало открытие в 1901 г. в г. Брянске завода по производству портландцемента, который использовал технологию смешивания мела и глины с природным содержанием влажности 25–30 %. Постепенно хризотилцементный кровельный лист (шифер), изготовленный небольшими по размеру плитками, начал вытеснять кровельные плоские глинисто-сланцевые плитки, применяемые для кровли зданий и сооружений в России [3, 4].

Хризотил относится к одному из весьма широко распространенных в природе видов асбеста — к группе серпентинитов. Именно хризотил-асбест наиболее широко применяется для изготовления различных материалов. В связи с этим его добыча в мире составляет более 98 % от общемирового производства асбестов [5, 6].

На территориях бывшего СССР и СНГ находятся три месторождения хризотилового асбеста: в России, на Урале, самое большое в мире — Баженовское (ПАО «Ураласбест»), в Оренбургской области — Киембаевское (ОАО «Оренбургские минералы») и в Казахстане — Джетыгаринское (АО «Костанайские минералы»). Поэтому предприятия Российской Федерации и Республики Казахстан являются ключевыми производителями хризотил-асбеста в мире. Они производят 79 % всего хризотил-асбеста в мире (рис. 1).



Рис. 1. Динамика мирового производства хризотил-асбеста в 2021 г., %

Источник: разработка автора.

Общий объем добычи хризотил-асбеста в России ежегодно (по данным 2023 г.) составляет не более 600 тыс. т, от этого объема потребление в России составляет менее 30 %, и более 70 % экспортируется.

На внутреннем рынке России и Казахстана хризотил-асбест применяется для производства асбестоцементных изделий, для получения фрикционных изделий (тормозных колодок и накладок для механизмов сцепления) и для производства мастик, герметиков, декинга, напольных покрытий и т. д. [7–12].

На рис. 2 представлены направления использования хризотил-асбеста.



Рис. 2. Основные области применения хризотил-асбеста в 2000 г. в мире, %

Источник: разработка автора.

Хризотил-асбест по химическому составу — это водный силикат магния (гидросиликат магния) — $3\text{MgO} - 2\text{SiO}_2 - 2\text{H}_2\text{O}$. Он может содержать примеси Fe_2O_3 , FeO , Cr_2O_3 , Al_2O_3 , NiO , MnO , CaO , Na_2O и K_2O .

В зависимости от количества железа в хризотиле волокна подразделяются на маложелезистые (суммарное содержание FeO и Fe_2O_3 обычно не превышает 0,5 %) и железистые (суммарное содержание FeO и Fe_2O_3 — более 0,5 %). Часть FeO в хризотиле изоморфно замещает MgO . Другая количественная часть железа связана с механической примесью магнетита, реже хромита.

Физико-механические свойства хризотилового волокна зависят от наличия вредных примесей и количества в хризотиле MgO и SiO_2 , FeO и Fe_2O_3 , содержания конституционной воды и т. д.

Наиболее важные химические элементы хризотил-асбеста, обеспечивающие ему лучшие текстурные, армирующие и прочностные характеристики в твердеющем портландцементе, — оксид железа, оксид магния, кристаллизационная вода и адсорбированная вода, удерживаемая в технологических процессах.

Химический состав Баженовского, Кiemбаевского и Джетыгаринского хризотил-асбеста (по данным 2023 г.) представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав хризотил-асбеста из разрабатываемых в России и Казахстане месторождений, %

№ п/п	Оксиды	Месторождения России и Казахстана		
		Баженовское	Джетыгаринское	Кiemбаевское
1.	SiO ₂	42,10	44,40	44,69
2.	MgO	41,99	39,33	39,86
3.	Al ₂ O ₃	0,53	0,84	0,30
4.	Fe ₂ O ₃	1,30	1,88	1,54
5.	FeO	0,24	0,49	0,42
6.	CaO	0,03	следы	следы
7.	K ₂ O + Na ₂ O	следы	следы	следы
8.	H ₂ O + 105°(хим. связ.)	12,99	12,03	12,02
9.	H ₂ O – 105°(адсорбц.)	1,42	0,80	0,70

В связи с различием свойств хризотил-асбеста вышеперечисленных трех месторождений несколько отличаются показатели волокон. Содержание природной и технологической воды самое высокое у хризотил-асбеста Баженовского месторождения, что и определяет более мягкую текстуру волокон при меньших затратах энергии на их подготовку. Они имеют большую длину и удельную поверхность, более распушены.

Хризотил-асбест на месторождениях СНГ делится на три разновидности: нормальный — с высокой прочностью, ломкий — с пониженной прочностью и полумомкий. Это, в свою очередь, определяет области их применения [13–20].

Присутствие в цементной матрице армирующих хризотил-асбестных волокон делает хризотилцемент композиционным материалом. Адгезионные и прочностные характеристики волокон из любого указанного хризотил-асбеста в смесях с тонкомолотым цементом дают готовым хризотилцементным изделиям многочисленные и высокие эксплуатационные свойства: статическую и динамическую прочность и трещиностойкость, пожаробезопасность и долговечность, морозостойкость, тепло- и звукозащитность, кислото- и щелочестойкость, электроизоляционные и диэлектрические свойства. Изделия с хризотил-асбестными волокнами также обладают бактерицидностью, нетоксичностью, защитой от радиации.

Основными хризотилцементными изделиями являются плоские и волнистые, непрессованные и прессованные листы, а также хризотилцементные трубы. При изготовлении листов в сырьевые смеси вводится 13–15 % хризотил-асбеста, при производстве труб — 17–18 %. Для этой продукции применяют в основном хризотил-асбест III–VI групп: для листов — больше хризотил-асбеста V–VI групп, в производстве труб — преимущественно хризотил-асбест III–IV групп.

Хризотилцементные листы разного размера применяются для создания стен зданий и кровель. Большеразмерные и конструкционные изделия, усиленный шифер используются при изготовлении стеновых и каркасных панелей, фасадных и декоративных листов, изделий специального назначения, например электроизоляционных деталей, плит для заборов.

Трубы изготавливаются напорные и безнапорные диаметром от 100 до 500 мм. Используются они для транспортировки питьевой и технической воды, в качестве опор при сооружении зданий. Безнапорные трубы как эффективная альтернатива стальным применяются для канализации, дымоходов, мусоропроводов, для прокладки телефонных кабелей, сооружения столбчатых фундаментов для небольших строений и в качестве опорных столбов для заборов. Напорные трубы используются для газопроводов, водопроводных, технических и питьевых целей, канализационных, мелиоративных и оросительных вентиляционных систем и в качестве обсадных труб для колодцев. В мире до 2020 г. проложено более 2,5 млн км хризотилцементных труб, в том числе около 40,0 тыс. км — для питьевого водоснабжения в Нидерландах, более 1,5 млн км — в России и 250,0 тыс. км — в Казахстане, более 700,0 тыс. км — в Канаде.

Все хризотилцементные изделия выгодно отличаются от металлических и полимерных изделий своими более высокой щелочестойкостью, большей долговечностью и безопасностью, защищают от радиации. Они в несколько раз дешевле металла, черепицы, керамических плиток и других материалов. Хризотилцементные листы просты в ремонте, позволяют ликвидировать локальные повреждения без нарушения общего покрытия, поэтому определяют низкие затраты на их содержание.

Хризотилвые волокна трубных групп хорошо используются в микроармировании ячеистых материалов, а именно в микроармировании пены для повышения ее качественных показателей в целях получения ячеистых бетонов (пенобетона).

Установлено, что при производстве всех видов хризотилсодержащих материалов и изделий на качество продукции влияет характеристика и свойства портландцемента, длина хризотилвых волокон и их насыщенность мелкодисперсной пылью. Особенно это относится к затвердевшей цементной матрице хризотилцемента.

Схемы обогащения хризотила на фабриках СНГ направлены на извлечение из руды максимально больше хризотилвых волокон с сохранением их текстуры и длины.

Хризотилцементные изделия на территории России и бывших республиках СССР, входящих в СНГ, изготавливаются преимущественно традиционным мокрым способом на листоформовочных и трубоформовочных машинах. При мокром методе производства формования среднее содержание в хризотилцементной суспензии хризотила и цемента составляет 8–16 %, воды — 84–92 %. Кроме этих трех компонентов, используются добавочные материалы: пластификаторы, модификаторы, полимеры, уплотняющие добавки, гидрофобизаторы, пигменты (для придания изделию определенной окраски), целлюлоза, зола и др. Правильно подобранные добавки к цементу не только экономят портландцемент при производстве хризотилцементных изделий, где доля его в смеси значительная, но и позволяют не уменьшать прочность хризотилцементных изделий, а где-то их увеличивать.

Практически все современные хризотилцементные заводы в мире имеют безотходное производство и систему оборотного водоснабжения (рекуперацию воды). На хризотилцементных заводах в Бразилии, России и Казахстане обрезки и брак перерабатываются и направляются снова в процесс производства.

Важным для долгого применения хризотилцементных материалов является сохранение их эксплуатационных характеристик, в том числе устойчивости при короблении, при ультрафиолетовом излучении, исключение склонности к образованию высолов.

Из проведенных с 2006 по 2022 г. на хризотилцементных заводах России, Казахстана, Беларуси и Украины исследований по вопросам образования на поверхности хризотилцементных листов высолов сделаны выводы, что высолы — результат образования гидроксида кальция на наружных слоях хризотилцементных листов. Причина этого явления заключается в разности скорости гидратации свободного оксида кальция на внутренних и наружных слоях хризотилцементного листа. Экспериментально установлено, что для снижения возможности образования высолов на шифере необходимо использовать портландцемент с минимальным (до 1 %) содержанием CaO_{cb} и обрабатывать сформованные хризотилцементные листы кремнийорганическими гидрофобизаторами на основе водной эмульсии силана и силоксанов.

Установлено, что хризотилцементные материалы пронизаны большим количеством пор и капилляров. Это может обеспечивать им нежелательное избыточное водопоглощение. Для уменьшения воздействия этого фактора хризотилцементные листы обрабатывают гидрофобизаторами и полимерными красками. При окрашивании хризотилцементных плоских и волнистых листов важно использовать краски с высокими адгезионными характеристиками, содержащие светостойкие пигменты, устойчивые к ультрафиолету, обеспечивающие повышенную водостойкость и морозостойкость. Наиболее широкое применение на хризотилцементных шиферных заводах России и СНГ с 2000-х гг. нашли краски с полимерным порошковым составом [21, 22].

Хризотилцементные предприятия в последние годы направляют на хризотилвые горно-обогатительные предприятия стран СНГ запросы с четким указанием по качеству поставляемого хризотилового волокна. Это связано с тем, что хризотилцементные листы часто имеют повышенную трещиноватость сырого формируемого листа полуфабриката и образование в нем магистральных трещин вдоль волны, а также и в затвердевшей (готовой) продукции. Магистральные трещины и дальше появляются в листах вдоль волны и нетрадиционно для хризотилцементных листовых изделий — поперек волны, то есть в так называемом «сильном» направлении. Возникают они при хранении листов под нагрузкой в стопах на территории предприятия, при их транспортировке к потребителю и при монтаже на объекте.

Массовое возникновение трещин обусловлено отсутствием связи между хризотил-асбестовым волокном и портландцементом и может зависеть от многих причин: при неожиданно резком изменении свойств цемента в хризотилцементной матрице, при экономии цемента, замене привычной смеси хризотила на другую, прежде всего обедненную фракциями с длинными волокнами, при нарушении режимов распушки хризотила и пропорции добавок при производстве хризотилцементных изделий, а также при неравномерном увлажнении, замораживании и оттаивании листов, особенно в стопах, при хранении стоп на сквозняках, под осадками, при резких перепадах температур и при резких возникновениях больших нагрузок на листы, на их стопы, при хранении, транспортировке и эксплуатации.

Однако из практики хризотилцементных предприятий известно, что почти все эти факторы имели место в той или иной степени ранее. В то же время такое массовое появление трещин в листах, причем практически на многих предприятиях, раньше не отмечалось. Технологи по производству хризотилцемента вынуждены

рассматривать это как возможное следствие изменения главного фактора, определяющего условия взаимодействия хризотила и цемента при создании и изменении хризотилцементной матрицы, — фракционного состава поставляемого хризотила.

В то же время представляет определенные трудности проверка связи сбоев в хризотилцементной технологии, связанных с увеличением в продукции числа трещин, с качеством поставляемого на предприятия хризотила. С одной стороны, на многих хризотилцементных предприятиях нет гидроклассификаторов «Бауэр-Мак-Нетт» (либо отсутствуют, либо неисправны), а только на них можно точно определить количество и размеры хризотилковых волокон (фракционный состав) в поступивших партиях сырья. На части хризотилцементных предприятий также отсутствуют пневмоклассификаторы ПК-2А для контроля сырья сухим методом. Синхронный контроль качества хризотил-асбеста, подготовленного к применению в производстве хризотилцементных изделий, подчас отсутствует в лабораториях горнодобывающих предприятий. В связи с этим специалисты обеих отраслей хризотил-асбестовых и хризотилцементных предприятий не имеют точных коэффициентов сопоставимости показателей состава примененного хризотила со свойствами полученного хризотилцемента и могут ориентироваться только на сведения сопроводительной документации к партии сырья. Все это не позволяет установить связь технологических сбоев в хризотилцементной технологии с качеством использованной партии хризотила. Необходимо найти механизм связи между этими ситуациями для правильного диалога отраслей. Только в этом случае удастся накопить сравнительные данные по связи состава поставленного хризотил-асбеста для производства хризотилцемента с его армирующими характеристиками, всеми физико-механическими параметрами изделий в свежесформованном и в затвердевшем хризотилцементе.

Сегодня хризотилцементные предприятия в своих запросах указывают на необходимость ввести на хризотил-асбестовых горно-обогатительных предприятиях усиленный контроль фракционного состава хризотилковых волокон, особенно для волокон классов (фракции) +1,18 мм и -0,075 мм, удельной поверхности волокон, их объема во влажном состоянии, а также обеспечивать однородность этих показателей в рамках партии и полное соответствие партии показателям ГОСТа или утвержденных ТУ.

Для хризотил-асбестовых горно-обогатительных предприятий стран СНГ возникла необходимость систематического определения не только содержания хризотил-асбеста на контрольном аппарате, но и его фракционного состава на пневматическом классификаторе «ПК-2А» и гидроклассификаторе «Бауэр-Макк-Нетт» (содержания волокон классов +1,18 мм и -0,075 мм) уже на стадии эксплуатационной разведки по аналогам зарубежных хризотил-асбестовых горно-обогатительных предприятий. Такой контроль даст возможность управлять фракционным составом уже на стадии карьерных разработок, подготовки хризотил-асбестовой руды к переработке и обогащению.

Исследования показали, что с увеличением удельной поверхности хризотил-асбеста улучшается его армирующая способность и становится прочнее сцепление волокон с цементным камнем, что является результатом сложных физико-химических процессов адсорбции зерен цемента с волокнами хризотила. Исходя из этого, в процессе изготовления хризотилцемента необходимо стремиться как можно больше разделить, распушить хризотилковые волокна для того, чтобы наиболее полно использовать его армирующую способность. Немаловажную роль играет для добывающих и обогащающих хризотил-асбест предприятий России и Казахстана более полное использование волокон, остающихся на четвертом сите контрольного аппарата (класс -1,35 + 0,4 мм). Их использование отражается на качестве и объемах хризотила и хризотилцементных изделий, получаемых на горно-обогатительных предприятиях и хризотилцементных заводах. В ходе исследований выявлена отрицательная роль перенасыщения в хризотил-асбесте волокнами класса -0,4 + 0,0 мм (то есть пыли) и особенно мелкодисперсной пыли фракции класса -0,075 мм.

Многие современные хризотилцементные заводы в мире применяют в качестве добавок к основным компонентам, образующим фиброцементные изделия, золу, целлюлозу, полипропилен. При производстве фиброцементных изделий заводы используют золу от 15 до 30 %, переработанные отходы своего производства от 2 до 3 % и переработанную целлюлозу от 3 до 4 %. Внедрением инновации в технологии производства плоских и гофрированных фиброцементных листов продвинулись заводы компаний Everest, Fiber Cement Board Plant, ООО «Комбинат «Волна» и т. д.

Таким образом, проблемы и задачи, стоящие перед хризотилцементной отраслью, заключаются в качестве материалов: однородности и требуемом составе фракции хризотилковых волокон, степени их распушки, стойкости и равномерности цвета, образовании высолов, трещин на листах и панелях.

Заключение. Хризотил-асбестовая отрасль в мире развивается, выдерживает кризисы и рыночную конкуренцию. Производители горного льна, как и производители хризотилцементной продукции, в последние годы оптимизируют свои затраты и расходы на производство, логистику, снижают свои потери, модернизируют и расширяют свой ассортимент, обновляют новым и улучшенным оборудованием. Заводы и фабрики совершенствуют свою технологию, постоянно расширяют ассортимент продукции, улучшают ее качество. Актуальным

направлением в производстве хризотилцементной продукции является поиск и применение новых эффективных и разнообразных вяжущих, модификаторов, гидрофобизаторов, силанов, наполнителей, пигментов. Многие из вышеперечисленных составляющих хризотилцементной продукции направлены на ускорение, стабилизацию, улучшение физико-механических свойств и прочности, снижения водонасыщения, повышение устойчивости к ультрафиолетовым лучам, формирование презентабельного вида и, конечно, на снижение себестоимости.

Производство плоских хризотилцементных листов (шифера), напорных хризотилцементных труб требует обязательного расчета смесок хризотилцемента по содержанию фракционного состава хризотилового волокна на лабораторном пневмаклассификаторе (ПК-2А) или гидроклассификаторе «Бауэр-Мак-Нетт» (БМН). Расчеты всех вариантов двух- и трехкомпонентных хризотилцементных смесок показывают, что применение более дорогих смесок вызывает снижение фактического расхода хризотил-асбеста. Наоборот, более дешевые типовые хризотилцементные смеси с низкими группами хризотил-асбеста вызывают увеличение расходного коэффициента хризотил-асбеста в смеси, что в итоге приводит к удорожанию производства хризотилцементных изделий.

В отрасли за последние десять лет хорошо отработаны технологии окраски шиферных изделий. Окрашенные хризотилцементные изделия, плоские и волнистые листы (шифер) имеют большую популярность в строительной отрасли стран СНГ, Средней и Юго-Восточной Азии, Африки. Применение полимерного покрытия для хризотилцементных листов при использовании гидрофобизаторов повысило качество и долговечность хризотилцементной продукции, делает ее конкурентной на международном рынке.

Используемые источники информации:

1. Перлин, В. Д. Исследование структуры, физико-химических и механических свойств хризотил-асбеста как сырья для асбестоцементной промышленности / В. Д. Перлин, О. И. Грачева, Л. С. Зевин // Неметаллические полезные ископаемые гипербазитов. — М.: Наука, 1973. — С. 111–120.
2. Хризотилцементные строительные материалы / под науч. ред. А. Д. Жукова, С. М. Нейман, В. А. Бабич. — Екатеринбург: Издательство АМБ, 2009. — 155 с.
3. Руководство к покрытию террофазеритом. — 1918. — С. 1–29.
4. Комаров, Ю. Т. 100-летний юбилей Брянского асбестоцементного завода / Ю. Т. Комаров // Строительные материалы. — 2008. — № 9. — С. 34–35.
5. Нейман, С. М. Исследование свойств хризотилцементных кровельных листов различного срока эксплуатации / С. М. Нейман, К. Н. Попов, А. Г. Межов // Строительные материалы. — 2011. — № 5. — С. 86–88.
6. Задирака, Г. Н. Бесчердачные вентилируемые кровли «Урал» с использованием хризотилцементных листов / Г. Н. Задирака // Строительные материалы. — 2008. — № 9. — С. 16–17.
7. Жусупов, К. К. Вымысел и реальность о хризотил-асбесте / К. К. Жусупов, Т. М. Агубаев, С. Е. Пуненков // Горно-геологический журнал. — 2006. — № 6. — С. 13–16.
8. Производимый предприятиями ЕАЭС хризотил-асбест является высоко конкурентоспособным на мировом рынке [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/03-07-2019-3.aspx>. — Дата доступа: 05.01.2024.
9. Пуненков, С. Е. Комплексная переработка хризотил-асбестовых руд месторождений Урала / С. Е. Пуненков, Ю. С. Козлов // Новости науки и технологий. — 2022. — № 3 (62). — С. 26–31.
10. Gaze, R. The Physical and Molecular Structure of Asbestos / R. Gaze // Annals New York Academy of Sciences. Longmans. — 1965. — P. 23–30 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1965.tb41087.x>. — Дата доступа: 05.01.2024.
11. Robert L. Virta Asbestos: Geology, Mineralogy, Mining, and Uses / Robert L. Virta. // U. S. Department of the Interior U. S. Geological Survey. — 2022. — 28 pp.
12. Пуненков, С. Е. Хризотил-асбест и ресурсосбережение в хризотил-асбестовой отрасли / С. Е. Пуненков, Ю. С. Козлов // Горный журнал Казахстана. — 2022. — № 1. — С. 5–10.
13. Burkhanova, R. A. Investigation of chrysotile asbestos dust in air of working zones and environment / R. A. Burkhanova, V. N. Azarov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — Volume 687, Issue 6. — 2019. — P. 9. DOI:10.1088/1757-899X/687/6/066014.
14. Нейман, С. М. Исследование свойств хризотилцементных кровельных листов различного срока эксплуатации / С. М. Нейман, К. Н. Попов, А. Г. Межов // Строительные материалы. — 2011. — № 5. — С. 86–89.
15. Mineral Commodity Summaries 2022. USGS. U. S. Geological Survey, Reston, Virginia, USA. — 2022. — 204 pp. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://doi.org/10.3133/mcs2022>.
16. Iwaszko, J. Influence of high-energy milling on structure and microstructure of asbestos-cement materials / J. Iwaszko, A. Zawada, M. Lubas // Journal of Molecular Structure. — 2018. — No. 5. — P. 84–89.
17. Akyzbekov, Ye. Ye. Recycling of Chrysotile-Asbestos Production Waste With Extracting Magnesium and Obtaining a Ferroalloy and Calcium Silicates / Ye. Ye. Akyzbekov, V. M. Shevko, D. K. Aitkulov, G. E. Karataeva // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Satbayev University. — Volume 6, Number 456. — 2022. — P. 19–33.
18. Кагановский, О. С. Высокоэффективные композиционные материалы на основе минеральных и синтетических волокон: проблемы производства хризотил-цемента / О. С. Кагановский, О. В. Градобоев, А. А. Плутин // Сб. науч. тр. Украинского государственного университета железнодорожного транспорта. Вып. 138. — Харьков: УкрДУЗТ, 2013. — С. 50–47.

19. Берней, И. И. Технологические свойства асбеста Джетыгаринского месторождения в производстве асбоцементных изделий / И. И. Берней, С. И. Якубов // Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. — 1973. — № 3. — С. 102–107.
20. Жуков, А. Д. Эксплуатационная стойкость хризотилцементных труб / А. Д. Жуков, С. М. Нейман, С. Ж. Раднаева // Вестник МГСУ. — 2013. — № 3. — С. 127–134.
21. Ободович, О. М. Інтенсифікація розпушування азбестових волокон за допомогою гідромеханічного оброблення / О. М. Ободович, О. М. Недбайло, О. Г. Чернишин, А. Є. Недбайло // Кераміка: наука і життя. — 2021. — № 1 (50). — С. 26–29.
22. Урецкая, Е. А. Технологические особенности поверхностной гидрофобизации асбестоцементного шифера / Е. А. Урецкая, Т. Н. Кухта // Строительная наука и техника. — 2008. — № 6 (21). — С. 95–100.

УДК 621.314.1

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ С ДОЗИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ С ОГРАНИЧЕНИЕМ МГНОВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ ТОКА

A MATHEMATICAL MODEL OF A VOLTAGE CONVERTER WITH DOSED ENERGY TRANSFER UNDER FREQUENCY CONTROL WITH LIMITATION OF THE INSTANTANEOUS CURRENT VALUE

С. И. Коновалов,

ведущий инженер-конструктор НПО «ОКБ ТСП», канд. техн. наук,
г. Минск, Республика Беларусь

S. Konovalov,

Leading Design Engineer, SPLLC “OKB TSP”, PhD in Technical Sciences,
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 29.01.2024.

В статье рассматривается математическая модель мостового преобразователя постоянного напряжения, работающего в режиме дозированной передачи энергии с изменяемыми длительностью и частотой управляющих импульсов при коммутации ключей в нуле напряжения. Для предложенного способа управления получены линейные схемы замещения преобразователя постоянного напряжения для интервалов постоянства структуры и соответствующие матрицы переменных состояния для решения задачи численным методом. По результатам математического моделирования проведен сравнительный анализ показателей энергетической эффективности преобразователя постоянного напряжения для существующего и предложенного способов управления.

The article discusses a mathematical model of a bridge DC voltage converter operating in the mode of dosed energy transfer with variable duration and frequency of control pulses when switching switches at zero voltage. For the proposed control method, linear equivalent circuits for intervals of constant structure and corresponding matrices of state variables are obtained for solving the problem using the numerical method. Based on the results of mathematical modeling, a comparative analysis of the energy efficiency indicators of the DC-DC converter for the existing and proposed control methods was carried out.

Ключевые слова: преобразователь постоянного напряжения, коммутация в нуле напряжения, способ управления, схема замещения, математическая модель.

Key words: DC voltage converter, switching at zero voltage, control method, equivalent circuit, mathematical model.

Введение. Совершенствование силовых полупроводниковых преобразователей постоянного напряжения (ППН) различного назначения происходит по пути улучшения их энергетических и массогабаритных показателей, динамических и регулировочных характеристик. К энергетическим прежде всего относятся: показатели качества выходного напряжения, КПД, коэффициент использования входного источника, характеристики электромагнитной совместимости. Одним из направлений улучшения массогабаритных показателей ППН является повышение частоты преобразования. Однако при этом увеличиваются активные потери

в электромагнитных элементах, а также коммутационные потери в транзисторах и выпрямительных диодах, работающих в ключевом режиме. Это заставляет увеличивать габариты системы охлаждения. Для улучшения энергетических показателей ППН актуальным является разработка эффективных способов управления силовыми ключами для их мягкого переключения при минимальном количестве реактивных компонентов в силовой части и при полезном использовании энергии, накапливаемой в паразитных параметрах схемы ППН. К таким параметрам относятся: индуктивности рассеяния, межслоевые и межобмоточные емкости трансформаторов; выходные емкости ключевых элементов и выпрямительных диодов. Кроме того, одним из направлений работ является интегрирование функций электромагнитных элементов в одной конструкции [1, 2].

Одной из важных задач, решаемых при разработке ППН, является обеспечение симметричного режима перемагничивания магнитопровода трансформатора при одновременном исключении его насыщения [3]. С этой целью применяют введение зазора в магнитопроводе трансформатора, исключение несимметрии в сигналах управления, в параметрах элементов и в цепях протекания тока первичной обмотки трансформатора. Эффективным также является использование управления по мгновенному току первичной обмотки трансформатора для компенсации несимметрии во времени [2].

Известны способы управления ключами ППН, реализующие те или иные виды модуляции, обеспечивающие заряд емкостных накопителей или стабилизацию одного из параметров нагрузки — напряжения или тока. К таким видам модуляции относятся: широтно-импульсная (ШИМ), частотно-импульсная (ЧИМ), комбинированная широтно-частотно-импульсная (ШИМ + ЧИМ) и фазово-импульсная (ФИМ) при фиксированной частоте импульсов управления. Для повышенной мощности нагрузки широкое распространение получили ППН мостового типа, в которых для снижения коммутационных потерь и помех применяются разнообразные схемы реактивных накопителей энергии, при этом обеспечивается симметричный режим управления ключевыми элементами моста.

Для улучшения энергетических и массогабаритных показателей мостового ППН при одновременном обеспечении симметричного режима перемагничивания трансформатора предлагается новый способ управления — асимметричное управление по максимальному мгновенному значению тока первичной обмотки трансформатора при сохранении режима коммутации в нуле напряжения. Такой вид управления приводит к изменению длительности управляющих импульсов (ШИМ) только для двух последовательно соединенных ключей моста при изменении частоты управляющих импульсов (ЧИМ) для всех четырех ключей.

Целью данной работы является разработка математической модели мостового импульсного ППН с дозирующей индуктивностью при асимметричном управлении по максимальному мгновенному значению тока первичной обмотки трансформатора.

Схема силовой части ППН, реализующая предлагаемый способ управления, представлена на рис. 1. Аналогичная структура силовой части ППН применяется для заряда емкостных накопителей и рассмотрена в [4, 5]. Схема также соответствует ППН с фазовым симметричным управлением [1, 2]. Отличие в этом случае состоит в том, что на выходе диодного выпрямителя отсутствует сглаживающий дроссель.

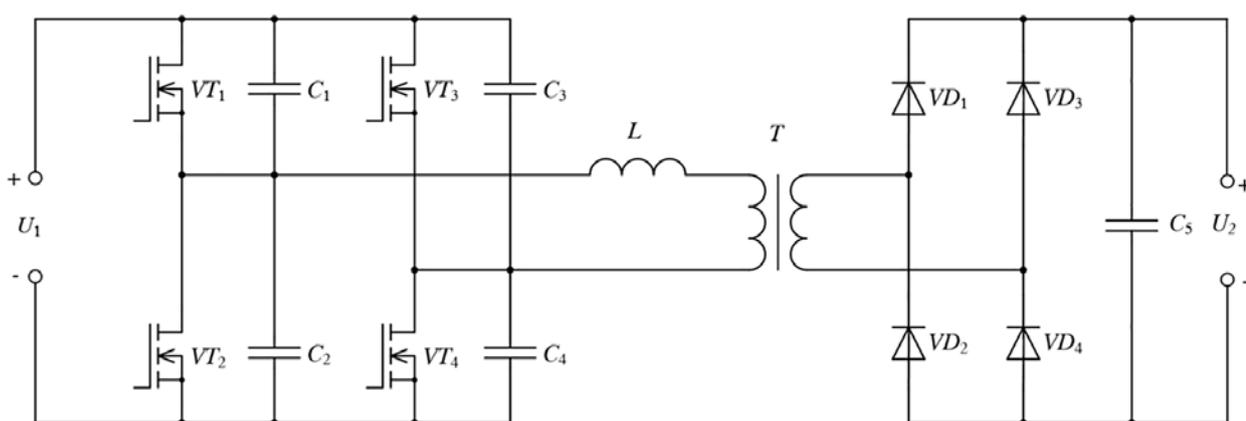


Рис. 1. Схема силовой части ППН

Источник: разработка автора.

На рис. 1 в качестве управляемых ключей, коммутирующих входной источник напряжения U_1 , показаны МДП-транзисторы $VT_1...VT_4$, содержащие в своей структуре обратные диоды. Параллельно транзисторам

включены конденсаторы $C_1 \dots C_4$, служащие для снижения коммутационных потерь в ключах при их выключении. Промежуточным накопителем энергии в ППН является индуктивность, которая в общем случае образована индуктивностью рассеяния трансформатора T и внешней индуктивностью L , которая может быть интегрирована в одной конструкции с трансформатором. Значение индуктивности L при этом не будет иметь существенных различий со значением индуктивности рассеяния трансформатора. Выпрямительные диоды $VD_1 \dots VD_4$ обеспечивают протекание тока заряда конденсатора C_5 : VD_1 и VD_4 — для положительной полуволны тока вторичной обмотки трансформатора, VD_2 и VD_3 — для отрицательной полуволны. Конденсатор C_5 в общем случае обеспечивает фильтрацию и накопление энергии на выходе ППН, формируя выходное напряжение U_2 . Для данной схемы ППН возможны различные способы управления. При определенном законе управления ключами индуктивность схемы становится дозирующей при минимальных токах рекуперации во входной источник напряжения U_1 , при этом обеспечивается режим коммутации ключей при нулевом напряжении, что снижает коммутационные потери и помехи.

Данный ППН относится к классу нелинейных дискретных систем с переменными параметрами ввиду наличия ключевых элементов, диодов и нелинейности кривой намагничивания магнитопровода трансформатора. Его схему замещения в общем виде можно представить системой нелинейных дифференциальных уравнений, которая в матричной форме имеет вид:

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{B}(U_1, U_2, K_{F1}, K_{F2}, K_{F3}, K_{F4}, K_{F5}, K_{F6}), \quad (1)$$

где \mathbf{X} — вектор переменных состояния (токов в индуктивностях и напряжений на емкостях);

\mathbf{A} — матрица параметров системы;

$\mathbf{B}(U_1, U_2, K_{F1}, K_{F2}, K_{F3}, K_{F4}, K_{F5}, K_{F6})$ — вектор вынуждающих воздействий, зависящий от напряжения входного источника U_1 , напряжения нагрузки U_2 , четырех коммутационных функций $K_{F1} \dots K_{F4}$ ключей $VT_1 \dots VT_4$ с учетом наличия в них обратных диодов и двух коммутационных функций K_{F5} и K_{F6} работающих попарно выпрямительных диодов VD_1, VD_4 и VD_2, VD_3 схемы.

Коммутационные функции системы (1) для идеальных ключей и диодов будут содержать нелинейности в виде разрывов первого рода.

Линеаризация такой задачи может быть выполнена путем перехода к классу кусочно-линейных систем при разбиении периода коммутации на интервалы постоянства структуры. В каждом таком интервале, при условии обеспечения работы на линейном участке перемангничивания трансформатора, система сводится к линейной с постоянными параметрами элементов. Построение решения системы (1) в любой момент времени возможно путем сшивания решений для отдельных интервалов с учетом непрерывности переменных состояния в моменты коммутации [6, 7].

На рис. 2 представлены временные диаграммы сигналов управления ключами и тока индуктивности L в установившемся режиме работы для предлагаемого способа управления, полученные на физической имитационной модели ППН.

Согласно рис. 2, за период коммутации имеются десять временных интервалов непрерывности (постоянства структуры), границы которых обозначены значениями $t_0 \dots t_{10}$ на временной диаграмме тока i_L . Первый интервал начинается в момент времени t_0 , при котором ток i_L равен 0, при этом транзисторы VT_1 и VT_4 включены, чем обеспечивается подключение входного источника U_1 к первичной цепи трансформатора. Происходит нарастание тока i_L . Ток во вторичной цепи трансформатора через открытые диоды VD_1 и VD_4 заряжает конденсатор C_5 . Окончание первого интервала в момент времени t_1 происходит при достижении током i_L заданного значения I_S и выключением транзистора VT_4 . Такая коммутация приводит к заряду конденсатора C_4 и разряду конденсатора C_3 , предварительно заряженного до напряжения U_1 за вычетом падения напряжения на открытом транзисторе VT_4 в момент t_1 . При достижении в момент t_2 напряжения на C_4 значения, превышающего U_1 , открывается обратный диод транзистора VT_3 , замыкая ток i_L , при этом происходит отключение входного источника U_1 и окончание второго интервала. На третьем интервале ток i_L , протекая через транзистор VT_1 и обратный диод транзистора VT_3 , уменьшается ввиду преобразования части энергии магнитного поля индуктивности в энергию электрического поля емкости C_5 и тепловую энергию потерь в элементах цепи. В момент t_3 происходит выключение транзистора VT_1 и начинается четвертый интервал, на котором происходит перезаряд емкостей C_1 и C_2 .

В момент t_4 окончания перезаряда этих емкостей открывается обратный диод транзистора VT_2 , что приводит к подключению входного источника U_1 , но теперь в режиме рекуперации энергии через обратные диоды транзисторов VT_2 и VT_3 на пятом интервале. Моменты времени t_2, t_4, t_7 и t_9 соответствуют моментам окончания

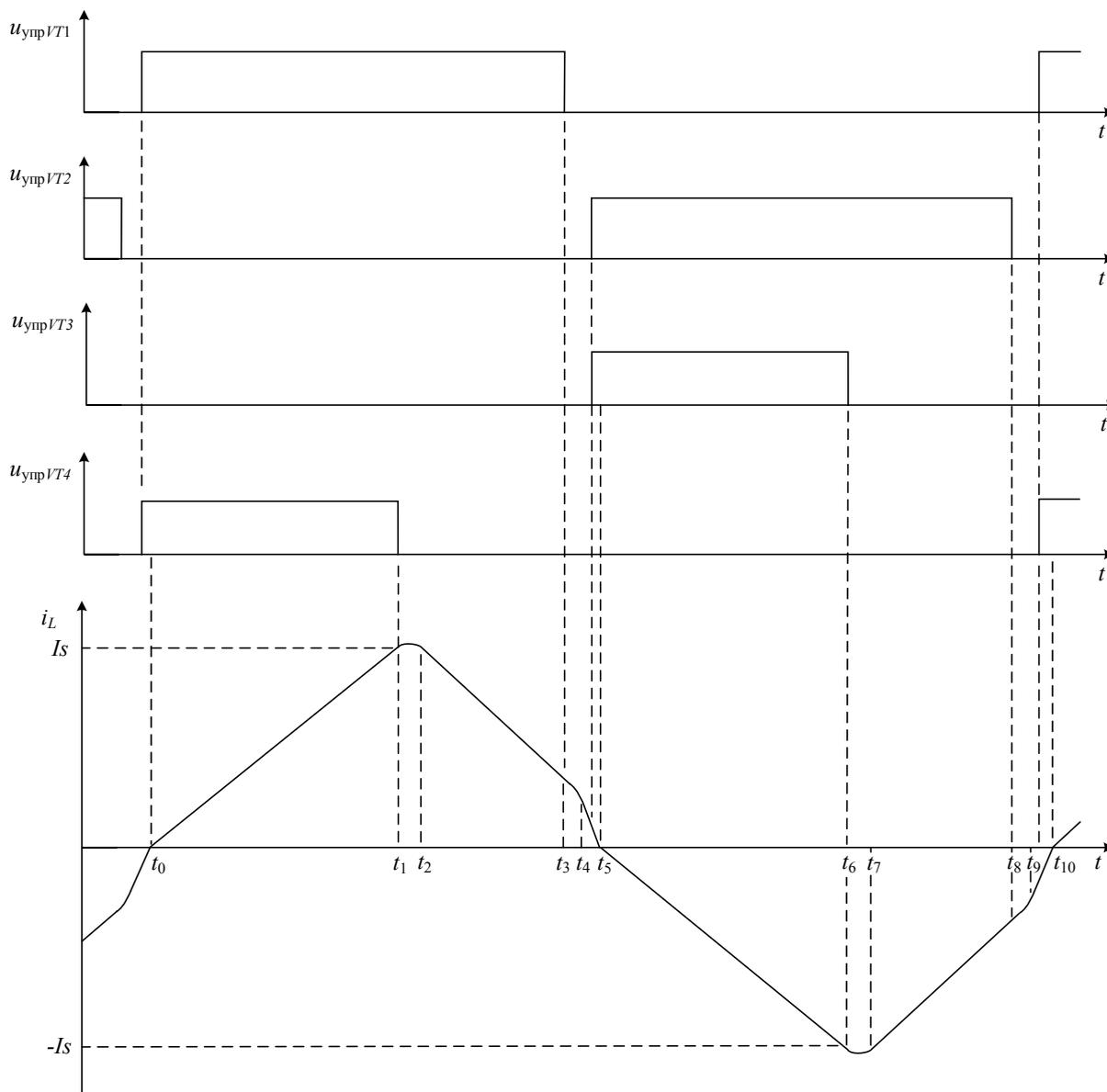


Рис. 2. Временные диаграммы сигналов управления ключами и тока индуктивности L

Источник: разработка автора.

перезаряда емкостей C_3 и C_4 (для t_2 и t_7), емкостей C_1 и C_2 (для t_4 и t_9) и открывания обратных диодов в транзисторах VT_3 , VT_2 , VT_4 и VT_1 соответственно. Видно, что моменты включения всех транзисторов не совпадают с моментами равенства нулю тока i_L и происходят в моменты времени, находящиеся в интервале (t_4-t_5) для положительной полуволны и (t_9-t_{10}) для отрицательной полуволны тока. Тем самым обеспечивается режим коммутации в нуле напряжения на транзисторах.

Отличием асимметричного способа управления от известного симметричного [2, 5] является уменьшение длительностей управляющих импульсов для ключей VT_3 и VT_4 по отношению к фиксированным длительностям импульсов ключей VT_1 и VT_2 с фиксированной длительностью паузы t_n между ними. Таким образом, стойку транзисторов VT_1 и VT_2 будем считать неподвижной, а стойку VT_3 и VT_4 — подвижной при изменении значения тока I_s , напряжения входного источника U_1 или напряжения нагрузки U_2 .

Составим для каждого из этих десяти интервалов непрерывности соответствующую линейную эквивалентную схему ППН. Для первого интервала (t_0-t_1) такая схема представлена на рис. 3. Приняты следующие допущения: трансформатор T с коэффициентом трансформации $n_{тр} = w_2 / w_1$, где w_1 и w_2 — соответственно

числа витков первичной и вторичной обмоток, заменен схемой замещения с индуктивностью намагничивания L_m , сопротивлением потерь в магнитопроводе R_m , эквивалентной паразитной емкостью C_s обмоток и приведенной индуктивностью рассеяния вторичной обмотки $L_2' = L_2/n_{tr}^2$; индуктивность рассеяния первичной обмотки трансформатора совместно с внешней индуктивностью L схемы представлена одной суммарной индуктивностью L_1 ; входной источник U_1 является идеальным источником постоянного напряжения; значение емкости C_s обеспечивает незначительное изменение напряжения на нагрузке в пределах периода тока i_L , что позволяет приведенную к первичной цепи трансформатора нагрузку совместно с емкостью C_s заменить идеальным источником постоянного напряжения $U_2' = U_2/n_{tr}$; активные потери в элементах схемы в первичной и вторичной цепях учтены эквивалентными сопротивлениями R_1 и $R_2' = R_2/n_{tr}^2$, которые учитывают дифференциальные сопротивления включенных транзисторов и проводящих диодов, активное сопротивление внешней индуктивности L и активные сопротивления обмоток трансформатора; параметры всех активных и реактивных элементов постоянны и не зависят от значений напряжений и токов в цепи. Введение в схему замещения трансформатора эквивалентной паразитной емкости C_s обмоток вызвано существенным ее влиянием при работе трансформатора на повышенных частотах, особенно при высоких напряжениях на вторичной обмотке (увеличении w_2). Также принято допущение, что ППН выполнен на идеальных по быстродействию ключах и диодах, что справедливо при длительностях фронтов переключения, много меньших длительностей всех десяти интервалов непрерывности.

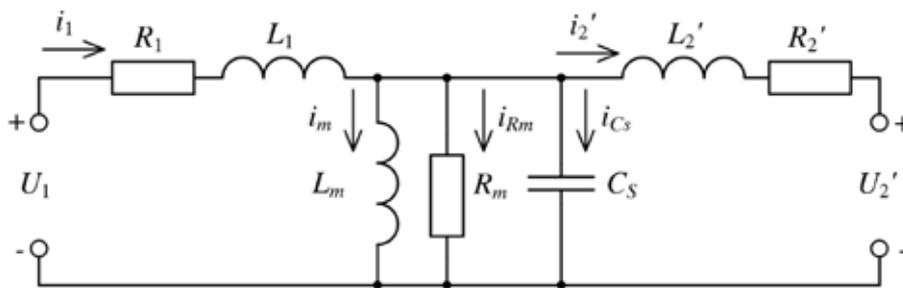


Рис. 3. Эквивалентная схема для первого интервала

Источник: разработка автора.

Для первого интервала непрерывности (t_0-t_1), согласно эквивалентной схеме на рис. 3, можно записать систему дифференциальных уравнений переменных состояния для мгновенных значений напряжений и токов в виде:

$$\begin{cases} \frac{di_1}{dt} = \frac{1}{L_1}(U_1 - i_1 R_1 - u_{Cs}) \\ \frac{di_2'}{dt} = \frac{1}{L_2'}(u_{Cs} - i_2' R_2 - U_2') \\ \frac{di_m}{dt} = \frac{u_{Cs}}{L_m} \\ \frac{du_{Cs}}{dt} = \frac{1}{C_s} \left(i_1 - i_m - \frac{u_{Cs}}{R_m} - i_2' \right) \end{cases} \quad (2)$$

Систему уравнений (2) можно представить в матричной форме:

$$\frac{d\mathbf{X}_1}{dt} = \mathbf{A}_1 \cdot \mathbf{X}_1 + \mathbf{B}_1, \quad (3)$$

где \mathbf{X}_1 — вектор переменных состояния (токов в индуктивностях и напряжений на емкостях);
 \mathbf{A}_1 — квадратная матрица системы, определяемая топологией цепи и параметрами ее элементов;
 \mathbf{B}_1 — вектор, определяемый произведением прямоугольной матрицы связи системы с вынуждающими воздействиями и матрицы-столбца вынуждающих воздействий, зависящий от топологии цепи, параметров элементов и значений напряжения входного источника U_1 и приведенного напряжения нагрузки U_2' .

Начальные условия переменных состояния задаются вектором начальных условий \mathbf{X}_{01} . Для первого интервала непрерывности матрицы уравнения (3) примут следующий вид:

$$\mathbf{X}_1 = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2' \\ i_m \\ u_{Cs} \end{bmatrix}; \mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & 0 & 0 & -\frac{1}{L_1} \\ 0 & -\frac{R_2'}{L_2'} & 0 & \frac{1}{L_2'} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_m} \\ \frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{R_m C_s} \end{bmatrix}; \mathbf{B}_1 = \begin{bmatrix} \frac{U_1}{L_1} \\ -\frac{U_2'}{L_2'} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \mathbf{X}_{01} = \begin{bmatrix} i_1(t_0) \\ i_2'(t_0) \\ i_m(t_0) \\ u_{Cs}(t_0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ i_2'(t_0) \\ i_m(t_0) \\ u_{Cs}(t_0) \end{bmatrix}.$$

Формально решение матричного дифференциального уравнения (3) для первого интервала непрерывности можно записать в виде:

$$\mathbf{X}_1(t) = [\exp(\mathbf{A}_1 t)] \mathbf{X}_{01} + \int_{t_0}^t \{[\exp(\mathbf{A}_1(t-\tau))] \mathbf{B}_1\} d\tau,$$

где $\exp(\mathbf{A}_1 t)$ — матричная экспонента; \mathbf{X}_{01} — матрица-столбец начальных значений переменных состояния.

Для систем четвертого и более высоких порядков применение аналитических методов решения уравнения (3) становится весьма трудоемким из-за сложности нахождения элементов матричной экспоненты, поэтому воспользуемся численными методами. Одним из подходящих по виду решаемой задачи является метод Рунге — Кутты с фиксированным шагом, реализованный в пакете MathCad. При первой коммутации цепи все элементы матрицы \mathbf{X}_{01} примем равными нулю. Выполним решение уравнения (3) на первом интервале при нулевых начальных условиях для следующих параметров элементов схемы по рис. 3: $L_1 = 25$ мкГн, $L_2' = 15$ мкГн, $R_1 = R_2' = 0,05$ Ом, $L_m = 1$ мГн, $R_m = 2$ кОм, $C_s = 150$ пФ, $U_1 = 380$ В, $U_2' = 210$ В. Выберем значение максимально мгновенного тока $I_S = 26$ А и время паузы $t_n = 0,3$ мкс. На рис. 4 в графическом виде представлены результаты решения в MathCad задачи для первого интервала. Длительность этого интервала составила 6 мкс при достижении током i_1 значения $I_S = 26$ А.

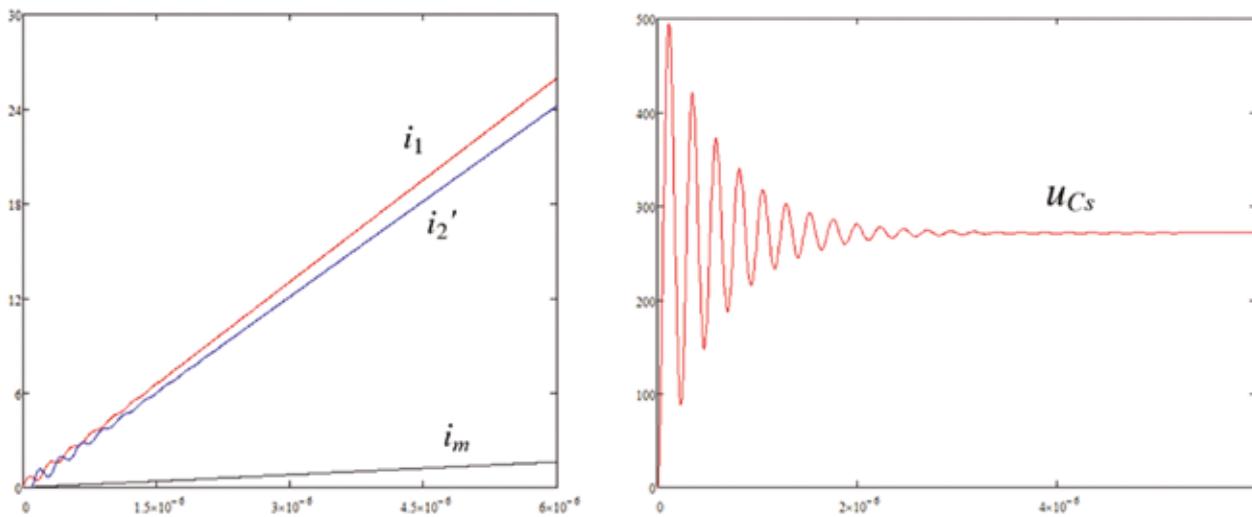


Рис. 4. Временные диаграммы переменных состояния для первого интервала

Источник: разработка автора.

Вычисленная в MathCad для первого интервала матрица собственных значений, совпадающих с корнями характеристического уравнения цепи, показывает, что эта цепь четвертого порядка, у которой два разных корня

вещественные и отрицательные, а два других являются комплексно-сопряженными с отрицательной вещественной частью. Поэтому рассчитанные переходные процессы переменных состояния содержат колебательный затухающий процесс на частоте 4,25 МГц длительностью 1,8 мкс и сумму двух аperiодических процессов с постоянными времени 400 мкс и 40,4 мс, что вызвано существенным различием параметров индуктивностей L_1 , L_2' и индуктивности намагничивания L_m . Минимальная постоянная времени 400 мкс, определяемая суммарной индуктивностью $(L_1 + L_2')$, значительно превышает длительность первого интервала, что свидетельствует о том, что переходные процессы токов в ветвях цепи близки к линейным. Эквивалентная схема ППН для второго интервала (t_1-t_2) представлена на рис. 5.

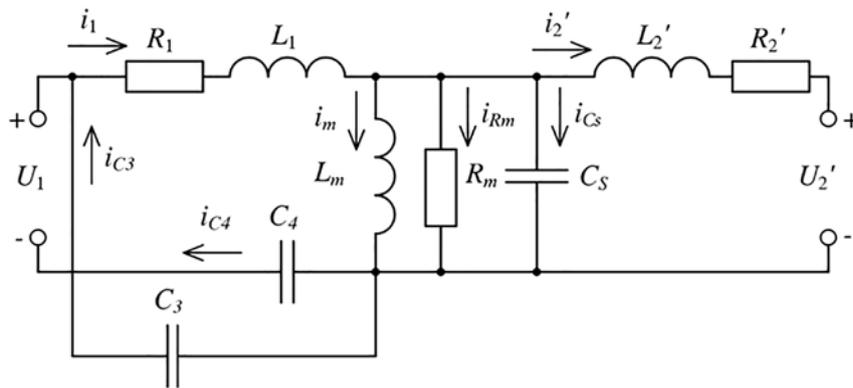


Рис. 5. Эквивалентная схема для второго интервала

Источник: разработка автора.

Вектор начальных условий \mathbf{X}_{02} для второго и аналогичные вектора для последующих интервалов определяются из законов коммутации при невозможности изменения энергии за бесконечно малый промежуток времени в цепях ограниченной мощности [6]. Выполним решение уравнения (3) на втором интервале при $C_3 = C_4 = 4,7$ нФ.

Для второго интервала непрерывности (t_1-t_2), при условии подключения ко входному источнику напряжения U_1 двух последовательно соединенных емкостей C_3 и C_4 , а также при их равенстве, матрицы примут следующий вид:

$$\mathbf{X}_2 = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2' \\ i_m \\ u_{C3} \\ u_{C4} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & 0 & 0 & -\frac{1}{L_1} & -\frac{1}{L_1} \\ 0 & -\frac{R_2'}{L_2'} & 0 & \frac{1}{L_2'} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_m} & 0 \\ \frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{R_m C_s} & 0 \\ \frac{1}{2C_4} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B}_2 = \begin{bmatrix} \frac{U_1}{L_1} \\ \frac{U_2'}{L_2'} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{X}_{02} = \begin{bmatrix} I_s \\ i_2'(t_1) \\ i_m(t_1) \\ u_{C3}(t_1) \\ 0 \end{bmatrix}.$$

На рис. 6 представлены результаты расчета для второго интервала. Окончание второго интервала происходит в момент достижения напряжением u_{C4} значения $U_1 = 380$ В, при котором происходит открытие обратного диода ключа VT_3 . Длительность второго интервала при этом составляет 138 нс, при этом напряжение на емкости C_3 определяется в виде: $u_{C3} = U_1 - u_{C4}$. Вычисленные собственные значения матрицы параметров показывают, что это цепь пятого порядка, у которой один корень вещественный и отрицательный, а две пары других корней являются разными комплексно-сопряженными с отрицательной вещественной частью.

Эквивалентная схема ППН для третьего интервала представлена на рис. 7.

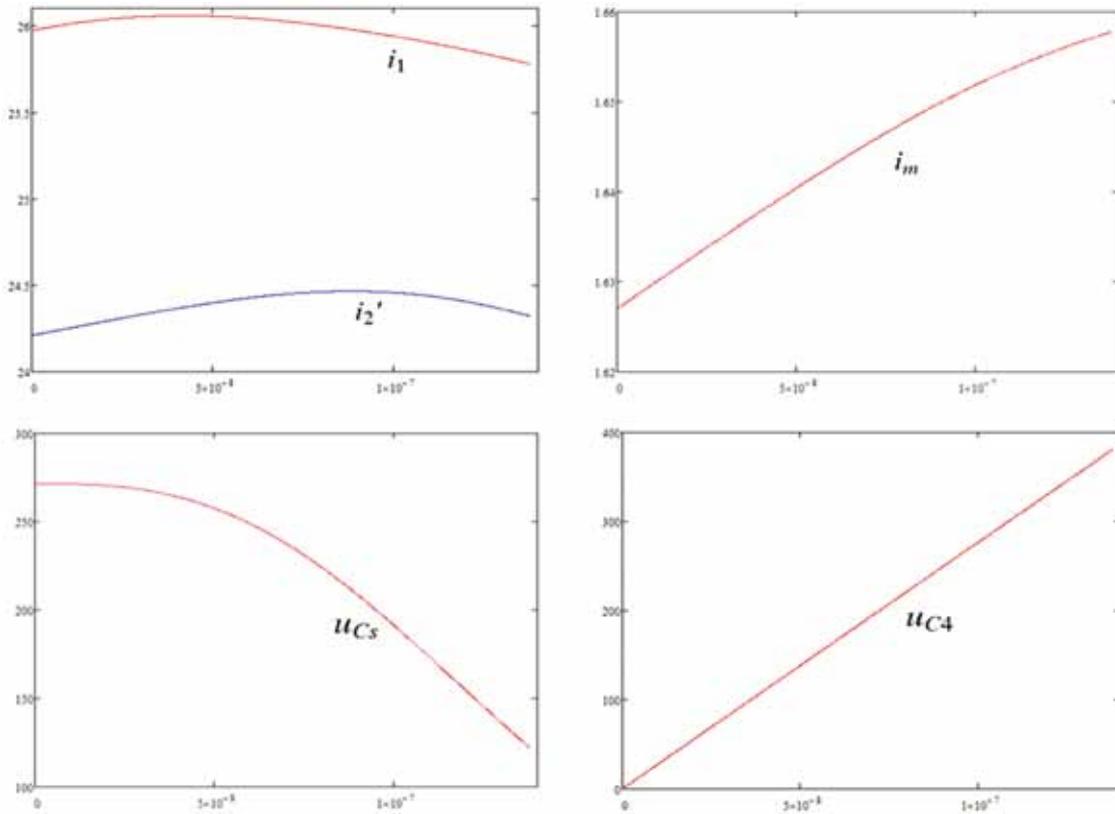


Рис. 6. Временные диаграммы переменных состояния для второго интервала

Источник: разработка автора.

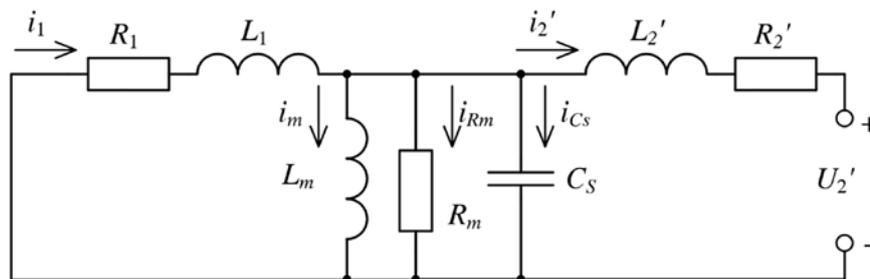


Рис. 7. Эквивалентная схема для третьего интервала

Источник: разработка автора.

Для третьего интервала (t_2-t_3):

$$\mathbf{X}_3 = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2' \\ i_m \\ u_{C_S} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{A}_3 = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & 0 & 0 & -\frac{1}{L_1} \\ 0 & -\frac{R_2'}{L_2'} & 0 & \frac{1}{L_2'} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_m} \\ \frac{1}{C_S} & -\frac{1}{C_S} & -\frac{1}{C_S} & -\frac{1}{R_m C_S} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{U_2'}{L_2'} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{X}_{03} = \begin{bmatrix} i_1(t_2) \\ i_2'(t_2) \\ i_m(t_2) \\ u_{C_S}(t_2) \end{bmatrix}.$$

На рис. 8 представлены результаты расчета для третьего интервала.

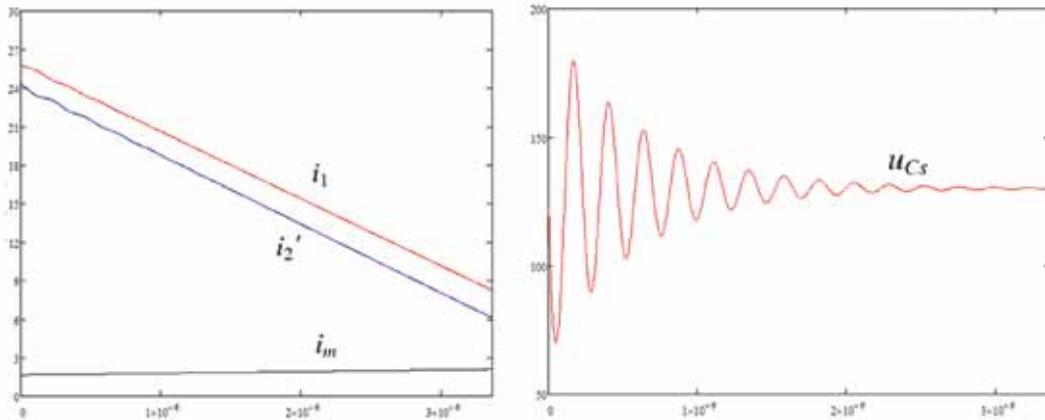


Рис. 8. Временные диаграммы переменных состояния для третьего интервала

Источник: разработка автора.

Окончание третьего интервала происходит в момент закрывания ключа VT_1 , совпадающий с началом интервала паузы в управлении ключами VT_1 и VT_2 . Длительность третьего интервала при этом составляет 3,36 мкс. Эквивалентная схема ППН для четвертого интервала представлена на рис. 9.

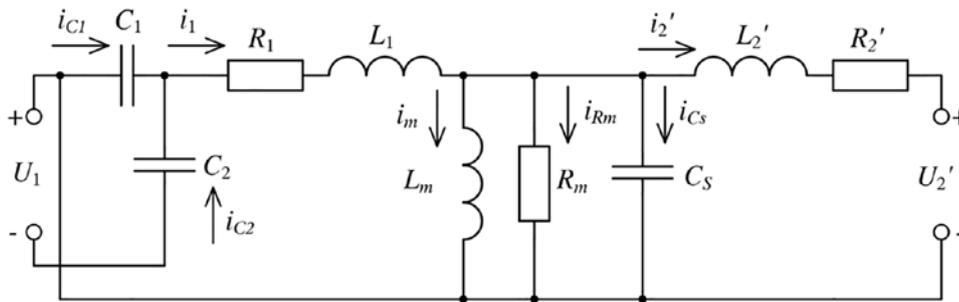


Рис. 9. Эквивалентная схема для четвертого интервала

Источник: разработка автора.

Для четвертого интервала (t_3-t_4), при условии подключения ко входному источнику напряжения U_1 двух последовательно соединенных емкостей C_1 и C_2 , а также при их равенстве, матрицы примут следующий вид:

$$\mathbf{X}_4 = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2' \\ i_m \\ u_{Cs} \\ u_{C2} \end{bmatrix}; \quad \mathbf{A}_4 = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & 0 & 0 & -\frac{1}{L_1} & \frac{1}{L_1} \\ 0 & -\frac{R_2'}{L_2'} & 0 & \frac{1}{L_2'} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_m} & 0 \\ \frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{R_m C_s} & 0 \\ -\frac{1}{2C_2} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B}_4 = \begin{bmatrix} -\frac{U_1}{L_1} \\ -\frac{U_2'}{L_2'} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{X}_{04} = \begin{bmatrix} i_1(t_3) \\ i_2'(t_3) \\ i_m(t_3) \\ u_{Cs}(t_3) \\ U_1 \end{bmatrix}.$$

На рис. 10 представлены результаты расчета для четвертого интервала.

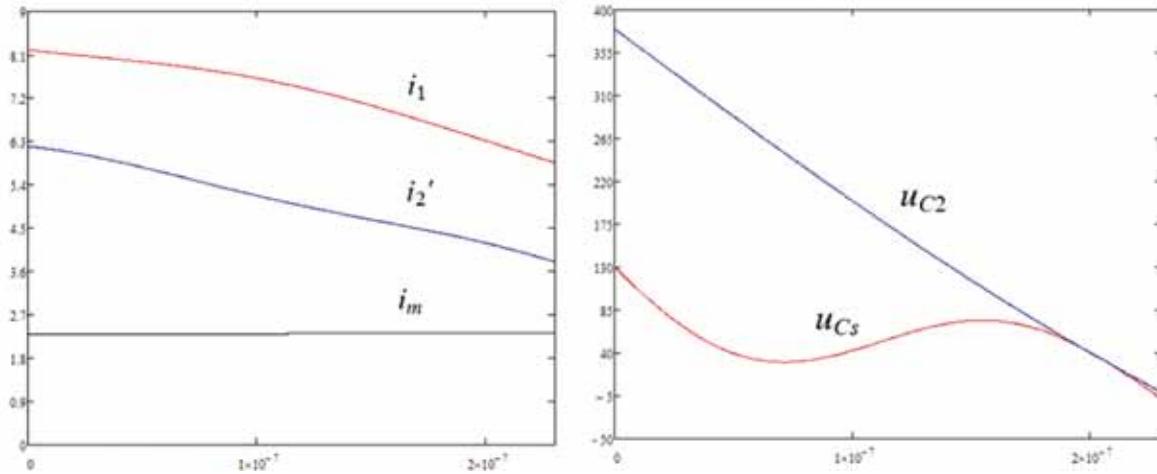


Рис. 10. Временные диаграммы переменных состояния для четвертого интервала

Источник: разработка автора.

Напряжение на емкости C_1 определяется в виде: $u_{C1} = U_1 - u_{C2}$. Окончание четвертого интервала происходит в момент достижения напряжением u_{C2} нулевого значения, при котором происходит открывание обратного диода ключа VT_2 . Решение уравнения (3) на четвертом интервале выполнено для $C_1 = C_2 = 2,2$ нФ. Длительность четвертого интервала при этом составляет 230 нс.

Эквивалентная схема ППН для пятого интервала представлена на рис. 11.

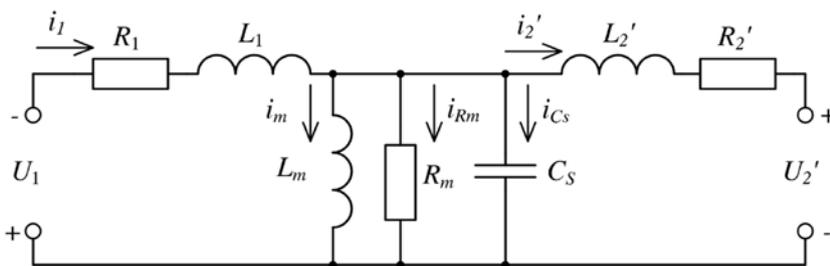


Рис. 11. Эквивалентная схема для пятого интервала

Источник: разработка автора.

Для пятого интервала (t_4-t_5):

$$\mathbf{X}_5 = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2' \\ i_m \\ u_{Cs} \end{bmatrix}; \mathbf{A}_5 = \begin{bmatrix} -\frac{R_1}{L_1} & 0 & 0 & -\frac{1}{L_1} \\ 0 & -\frac{R_2'}{L_2'} & 0 & \frac{1}{L_2'} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_m} \\ \frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{C_s} & -\frac{1}{R_m C_s} \end{bmatrix}; \mathbf{B}_5 = \begin{bmatrix} -\frac{U_1}{L_1} \\ -\frac{U_2'}{L_2'} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \mathbf{X}_{05} = \begin{bmatrix} i_1(t_4) \\ i_2'(t_4) \\ i_m(t_4) \\ u_{Cs}(t_4) \end{bmatrix}.$$

На рис. 12 представлены результаты расчета для пятого интервала.

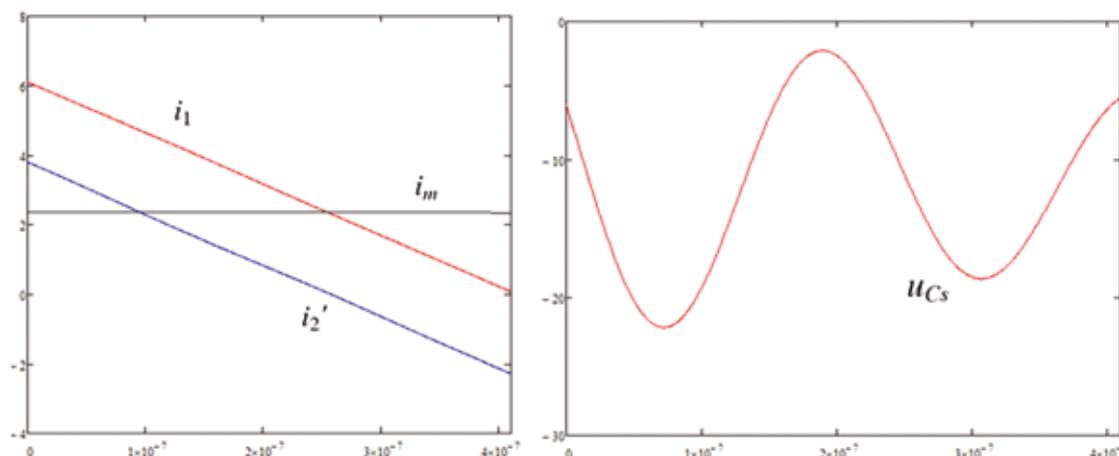


Рис. 12. Временные диаграммы переменных состояния для пятого интервала

Источник: разработка автора.

Окончание пятого интервала происходит в момент достижения током i_1 нулевого значения. На этом интервале, помимо передачи части энергии индуктивностей в нагрузку, происходит рекуперация энергии в источник U_1 . Согласно рис. 12 приведенный ток вторичной обмотки i_2' успевает к концу пятого интервала изменить полярность, что вызовет переключение пары выпрямительных диодов. Ток индуктивности намагничивания i_m для заданного режима включения достигает к концу интервала максимального значения, что может быть использовано для расчета параметров трансформатора по максимальной индукции материала магнитопровода для исключения его намагничивания. Длительность пятого интервала при этом составляет 0,41 мкс. Так как сумма длительностей четвертого и пятого интервалов составила 0,64 мкс, что превышает длительность паузы $t_n = 0,3$ мкс, режим коммутации ключей VT_1 и VT_2 в нуле напряжения при их включении выполнен.

По аналогии с пятью интервалами первого полупериода тока в индуктивности L_1 по рис. 2 можно составить схемы замещения и записать матрицы для пяти интервалов второго полупериода, где ток принимает отрицательные значения. Эквивалентные схемы для интервалов с шестого по десятый соответственно повторяют схемы для интервалов с первого по пятый с той лишь разницей, что источники напряжения U_1 и U_2' имеют противоположную полярность. Далее вычисление значений вектора состояния повторяются для следующих десяти интервалов непрерывности (с 11-го по 20-й) с использованием начальных условий, полученных в конце предыдущих интервалов. Таким образом могут быть построены временные диаграммы переходных процессов для всех переменных состояния, а также для входного тока источника U_1 для любого заданного временного интервала.

Разработанная математическая модель ППН позволяет оценить влияние несимметрии перемагничивания магнитопровода трансформатора на переходные процессы при управлении по максимальному мгновенному току путем изменения значений индуктивности намагничивания L_m и сопротивления потерь в магнитопроводе R_m для интервалов положительной и отрицательной полярности тока i_m . Возможен также расчет переходных процессов по току намагничивания в пусковых режимах ППН. Математическая модель является основой для расчета переходных процессов, режимов работы и энергетических показателей на этапе разработки опытных образцов ППН. Если в модели исключить третий и восьмой интервалы первого полупериода и аналогичные интервалы последующих полупериодов получим модель для известного способа симметричного управления ключами в преобразователе с дросселем в цепи переменного тока при питании от источника периодического напряжения прямоугольной формы [5]. В этом случае математическая модель также будет учитывать переходные процессы перезаряда емкостей $C_1 \dots C_4$.

Полученные временные диаграммы позволяют при заданных параметрах элементов, входном напряжении и времени паузы неподвижной стойки для различных значений выходного напряжения выбрать оптимальные моменты выключения транзисторов в подвижной стойке и определить частоту коммутации ключей для поддержания режима работы в нуле напряжения при минимизации токов рекуперации. Возможен также расчет временных диаграмм в установившемся режиме работы, внешних и регулировочных характеристик, а также интегральных энергетических показателей: КПД; коэффициента использования входного источника;

диапазона мощностей нагрузки в режиме стабилизации выходного напряжения или тока при разных способах управления ключами [4, 5].

Если заданные возможные диапазоны изменения параметров элементов ППН таковы, что постоянная времени переходного процесса по току в цепи первичной обмотки трансформатора существенно больше длительности полупериода коммутации, возможен переход к линейной аппроксимации временной диаграммы тока. В этом случае эквивалентная схема ППН будет соответствовать идеализированной схеме при отсутствии активных сопротивлений, определяющих потери энергии. Проведем оценку погрешности вычисления энергетических показателей ППН при данном виде аппроксимации в сравнении с расчетами согласно разработанной математической модели. Выполним сравнительный анализ энергетических показателей ППН при разных способах управления.

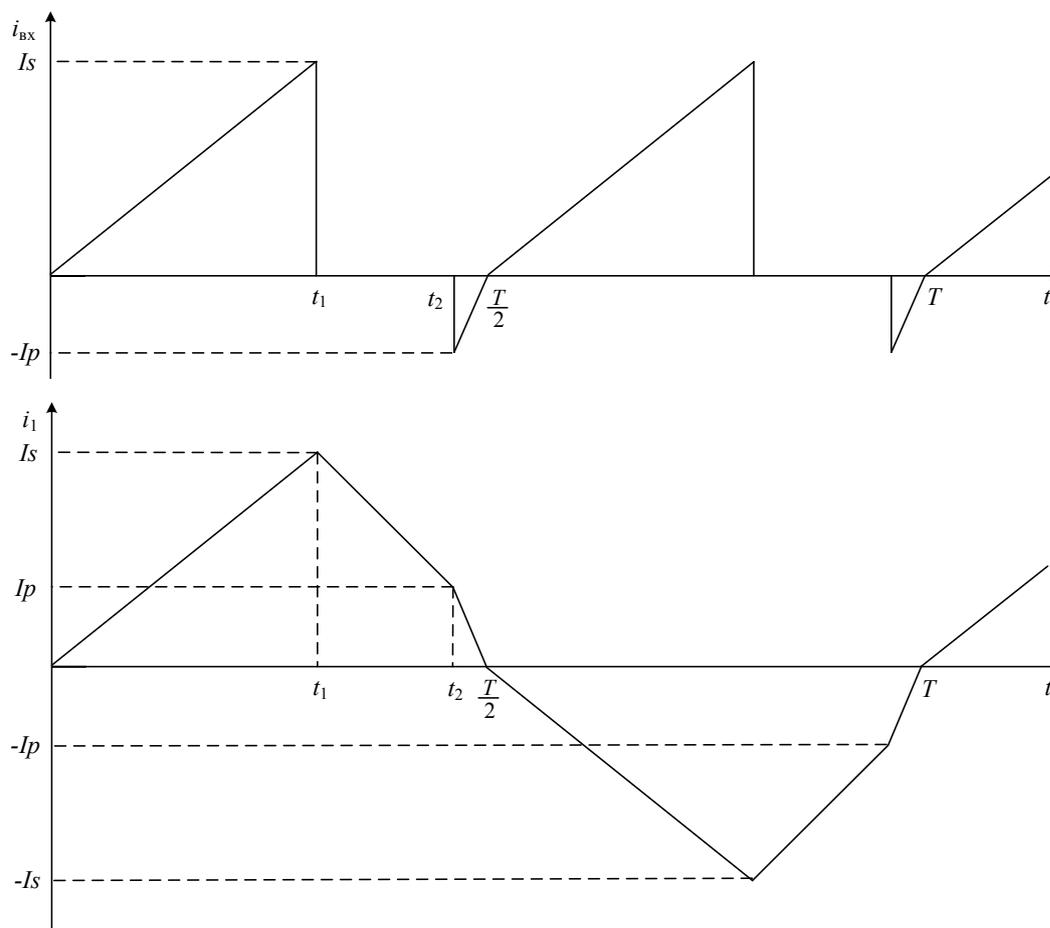


Рис. 13. Линейная аппроксимация диаграмм токов при асимметричном управлении

Источник: разработка автора.

Для асимметричного управления без учета тока индуктивности намагничивания, второго и четвертого интервалов ввиду их относительной малости согласно рис. 13 действующее значение тока первичной обмотки трансформатора примет вид:

$$I_1 = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} i_1^2(t) dt} = \sqrt{\frac{2}{T} (A_1 + A_2 + A_3)},$$

где

$$A_1 = \int_0^{t_1} i_1^2(t) dt = \frac{I_S^3 (L_1 + L_2')}{3(U_1 - U_2')};$$

$$A_2 = \int_{t_1}^{t_2} i_1^2(t) dt = \frac{K_1^2}{3} t_2^3 - K_1 I_P t_2^2 + I_P^2 t_2 - \frac{K_1^2}{3} t_1^3 + K_1 (K_1 t_2 - I_P) t_1^2 - (K_1 t_2 - I_P)^2 t_1;$$

$$A_3 = \int_{t_2}^{\frac{T}{2}} i_1^2(t) dt = K_2^2 \left(\frac{T^3}{24} - \frac{t_2^3}{3} + \frac{T}{2} t_2^2 - \frac{T^2}{4} t_2 \right); \quad K_1 = -\frac{U_2'}{L_1 + L_2'}; \quad K_2 = -\frac{U_1 + U_2'}{L_1 + L_2'}.$$

Условием коммутации ключей VT_1 и VT_2 в нуле напряжение при этом будет требование к длительности паузы t_n сигналов управления этими ключами:

$$t_n \leq \left(\frac{T}{2} - t_2 \right) = \frac{I_P (L_1 + L_2')}{U_1 + U_2'}.$$

Среднее значение входного тока согласно рис. 13:

$$I_{\text{вх.ср}} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i_{\text{вх}}(t) dt = \frac{L_1 + L_2'}{T} \left(\frac{I_S^2}{U_1 - U_2'} - \frac{I_P^2}{U_1 + U_2'} \right).$$

Действующее значение входного тока:

$$I_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} i_{\text{вх}}^2(t) dt} = \sqrt{\frac{2}{T} (A_1 + A_3)}.$$

Тогда коэффициент использования входного источника и потребляемая от него мощность при асимметричном управлении определяются в виде:

$$K_{\text{и}} = \frac{I_{\text{вх.ср}}}{I_{\text{вх}}}; \quad P_{\text{вх}} = U_1 I_{\text{вх.ср}} = P_{\text{вых}} = U_2 I_{\text{вых.ср}}.$$

С учетом того, что полученные соотношения соответствуют схеме без потерь, выходная мощность $P_{\text{вых}}$ будет равна входной $P_{\text{вх}}$.

Для симметричного управления согласно рис. 14 среднее значение входного тока имеет вид:

$$I_{\text{вх.ср.сим}} = \frac{2}{T_{\text{сим}}} \int_0^{\frac{T_{\text{сим}}}{2}} i_{\text{вх.сим}}(t) dt = \frac{I_S}{T_{\text{сим}}} \left(2t_1 - \frac{T_{\text{сим}}}{2} \right),$$

где $T_{\text{сим}} = \frac{4U_1 I_S (L_1 + L_2')}{U_1^2 - U_2'^2}; \quad t_1 = \frac{I_S (L_1 + L_2')}{U_1 - U_2'}.$

Действующее значение входного тока и тока первичной обмотки трансформатора:

$$I_{\text{вх.сим}} = I_{1\text{сим}} = \sqrt{\frac{2}{T_{\text{сим}}} \int_0^{\frac{T_{\text{сим}}}{2}} i_{\text{вх.сим}}^2(t) dt} = \sqrt{\frac{2}{T_{\text{сим}}} (A_4 + A_5)},$$

где $A_4 = \int_0^{t_1} i_{1\text{сим}}^2(t) dt = \frac{I_S^3 (L_1 + L_2')}{3(U_1 - U_2')}; \quad A_5 = \int_{t_1}^{\frac{T_{\text{сим}}}{2}} i_{1\text{сим}}^2(t) dt = K_2^2 \left(\frac{T_{\text{сим}}^3}{24} - \frac{t_1^3}{3} + \frac{T_{\text{сим}}}{2} t_1^2 - \frac{T_{\text{сим}}^2}{4} t_1 \right); \quad K_2 = -\frac{U_1 + U_2'}{L_1 + L_2'}.$

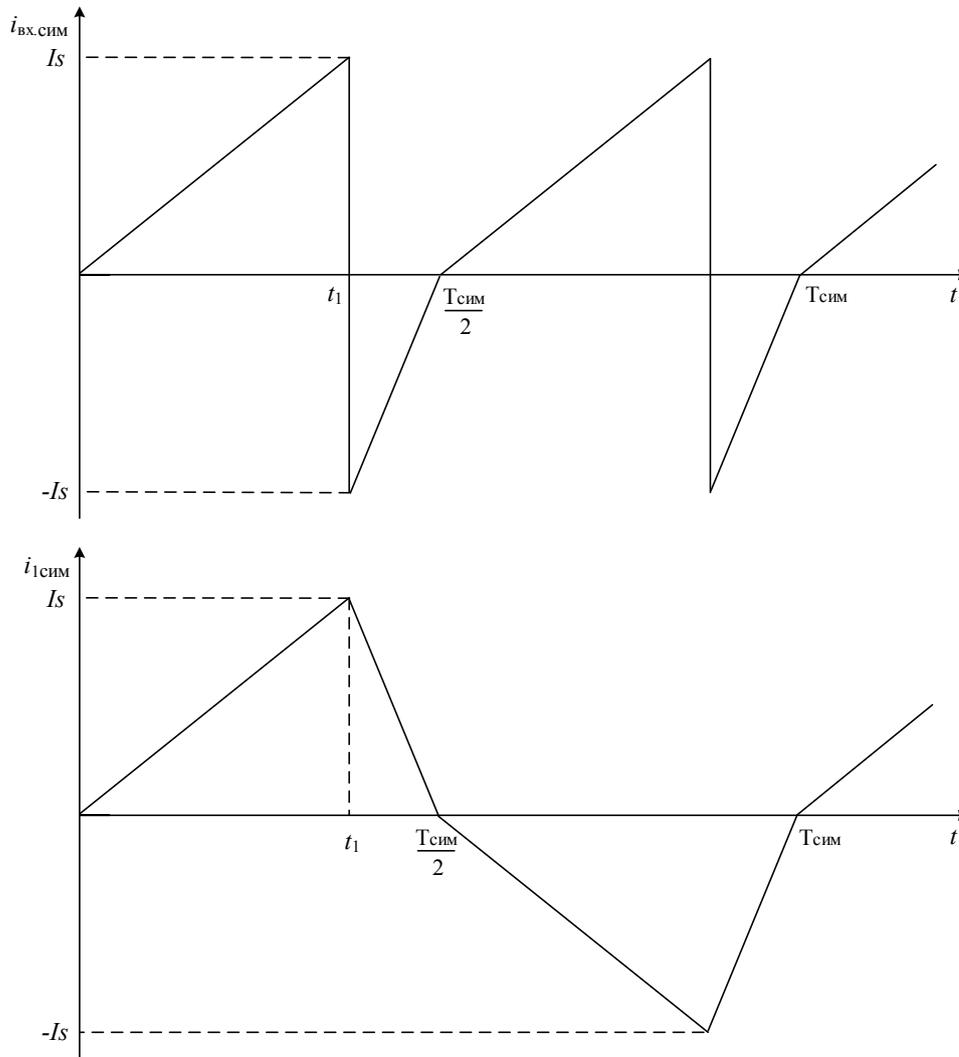


Рис. 14. Линейная аппроксимация диаграмм токов при симметричном управлении

Источник: разработка автора.

Коэффициент использования входного источника, потребляемая от него мощность и выходная мощность для симметричного управления:

$$K_{п.сим} = \frac{I_{вх.ср.сим}}{I_{вх.сим}}; \quad P_{вх.сим} = U_1 I_{вх.ср.сим} = P_{вых.сим} = U_2 I_{вых.ср.сим}.$$

Мощность потерь в ключевых элементах и выпрямительных диодах определяется суммой статических и динамических потерь. Динамические потери равны средней мощности, рассеиваемой в элементе за время его включения и выключения. Согласно полученным временным диаграммам переходных процессов для интервалов постоянства структуры следует, что основные динамические потери элементов схемы сосредоточены в ключевых элементах на этапе их выключения, поэтому при симметричном управлении мощность потерь без учета потерь в магнитопроводе трансформатора:

$$P_{п.сим} = P_{п.ст.сим} + P_{п.дин.сим} = (R_{1ст} + R_{2ст}') I_{1сим}^2 + \frac{2B_{1дин} U_1 I_S}{T_{сим}},$$

где $R_{1ст}$, $R_{2ст}'$ соответствуют эквивалентным сопротивлениям статических потерь всех элементов в первичной и вторичной цепях, а коэффициент $B_{1дин}$ учитывает длительность интервала выключения ключевого элемента, а также степень влияния конденсаторов $C_1 \dots C_4$ на уменьшение динамических потерь.

Мощность потерь при асимметричном управлении:

$$P_{\pi} = P_{\pi,ст} + P_{\pi,дин} = (R_{1ст} + R_{2ст}')I_1^2 + \frac{B_{1дин}U_1}{T}(I_S + I_P).$$

Тогда оценку КПД ППН для двух видов управления можно выполнить в виде:

$$\eta_{сим} = \frac{P_{вых,сим}}{P_{вых,сим} + P_{\pi,сим}}; \quad \eta = \frac{P_{вых}}{P_{вых} + P_{\pi}}.$$

На рис. 15 представлены рассчитанные в Mathcad графики зависимости КПД и коэффициента использования входного источника от тока I_S для симметричного и асимметричного управления при заданных параметрах: $L_1 = 25$ мкГн, $L_2' = 15$ мкГн, $R_{1ст} = 0,2$ Ом, $R_{2ст}' = 0,15$ Ом, $t_{\pi} = 0,5$ мкс, $B_{1дин} = 40$ нс, $U_1 = 380$ В, $U_2' = 100$ В.

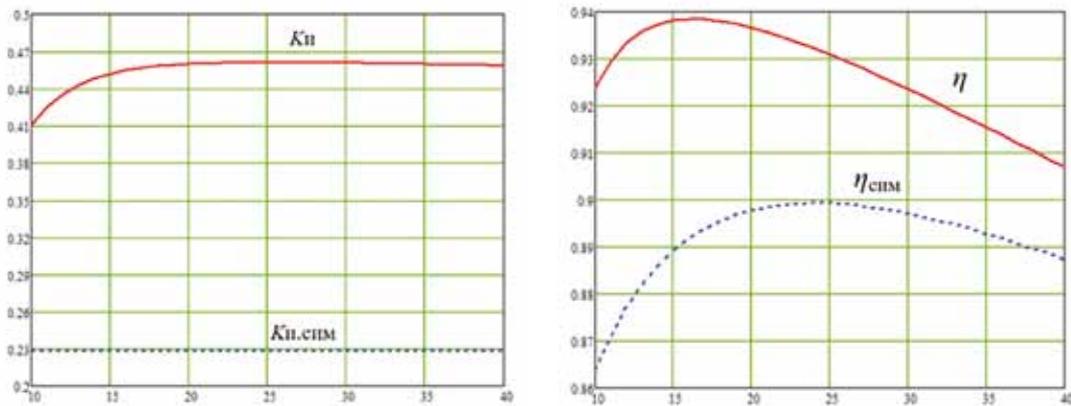


Рис. 15. Графики зависимости КПД и коэффициента использования входного источника от тока I_S для двух видов управления

Источник: разработка автора.

Согласно рис. 15 предложенный способ управления позволяет улучшить КПД и коэффициент использования входного источника. Увеличение КПД достигается за счет увеличения выходной мощности и снижения динамических потерь из-за пониженной частоты коммутации. Увеличение коэффициента использования входного источника происходит за счет уменьшения тока рекуперации и продолжительности интервала рекуперации при сохранении режима коммутации ключей в нуле напряжения. Погрешность расчета коэффициента использования входного источника и выходной мощности при линейной аппроксимации тока для обоих видов управления не превышает 10 % в сравнении с матричным методом расчета переменных состояния и последующим расчетом среднего и действующего значений входного и выходного тока с использованием процедуры векторизации и действий в числовой и символьной формах с элементами матриц. Для расчетов и сравнительного анализа энергетических показателей ППН при разных способах управления требуется задать значения: напряжения входного источника; мощности нагрузки или диапазона изменения мощности нагрузки (или средней зарядной мощности при заряде емкостных накопителей); диапазона изменения напряжения выходного источника; параметров элементов эквивалентной схемы; максимального тока I_S ; времени паузы t_{π} для ключей неподвижной стойки; допустимого диапазона частоты коммутации или фиксированную частоту коммутации, если требуется работа на фиксированной частоте.

Заключение. Разработана математическая модель ППН при асимметричном управлении по максимальному мгновенному значению тока дозирующей индуктивности в каждом полупериоде работы, содержащая десять линейных эквивалентных схем постоянства структуры с соответствующими векторно-матричными дифференциальными уравнениями. Показано, что такой вариант управления обеспечивает коммутацию ключей в нуле напряжения в режиме дозированной передачи энергии от входного источника, что существенно уменьшает токи рекуперации. Это приводит к снижению потерь энергии в ППН и улучшению коэффициента использования входного источника. Кроме того, применение в рассмотренном способе управления ограничения по току в каждом полупериоде работы устраняет насыщение магнитопровода трансформатора при возникновении по тем или иным причинам несимметрии в управлении для каждой стойки ключей. Полученные результаты могут быть использованы для разработки силовой части ППН и реализации алгоритмов управления.

Используемые источники информации:

1. Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. — М.: Техносфера, 2005. — 632 с.
2. Мелешин, В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников. — М.: Техносфера, 2011. — 576 с.
3. Манбеков, Д. Р. Обеспечение симметричного перемагничивания сердечника трансформатора в двухтактных преобразователях напряжения с управлением по вольт-секундному интегралу / Д. Р. Манбеков, Д. А. Шевцов // Практическая силовая электроника. — 2009. — № 3 (35). — С. 41–44.
4. Булатов, О. Г. Полупроводниковые зарядные устройства емкостных накопителей энергии / О. Г. Булатов, В. С. Иванов, Д. И. Панфилов. — М.: Радио и связь, 1986. — 160 с.
5. Кныш, В. А. Полупроводниковые преобразователи в системах заряда накопительных конденсаторов / В. А. Кныш. — Л.: Энергоиздат, 1981. — 160 с.
6. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 2. — 4-е изд. / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. — СПб.: Питер, 2003. — 576 с.
7. Белов, Г. А. Динамика импульсных преобразователей / Г. А. Белов. — Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2001. — 528 с.

УДК 330.46

**«УМНЫЕ ГОРОДА» КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ
ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ ГОСУДАРСТВ —
УЧАСТНИКОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА**

**“SMART CITIES” AS THE MOST IMPORTANT ELEMENT
OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ECONOMY
OF THE MEMBER STATES OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION**

О. С. Голубова,

профессор кафедры экономики, организации строительства и управления недвижимостью
Белорусского национального технического университета, канд. экон. наук, доцент,
г. Минск, Республика Беларусь

V. Holubava,

Professor of the Department of Economics, Organization of Construction and Real Estate Management
of the Belarusian National Technical University, PhD in Economics, Associate Professor,
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 11.09.2023.

В данной статье рассматриваются научные основы цифровой трансформации экономики в направлении развития «умных городов». Рассмотрены существующие определения понятия «умный город», сформировано авторское определение понятия, отражающее связь «умных городов» с географическим размещением, численностью населения и инфраструктурой, нацеленность на обеспечение устойчивого развития городской экосистемы и повышения качества жизни населения посредством использования информационно-коммуникационных технологий. Выделены направления, показатели, субъекты, меры регулирования и поддержки цифровой трансформации «умных городов». Особое внимание уделено рейтинговой оценке «умных городов», сделан вывод о необходимости формирования рейтинговой системы оценки «умных городов» государств — членов Евразийского экономического союза, которая в своей основе опиралась бы на рейтинговые системы, уже существующие в мире.

This article discusses the scientific foundations of the digital transformation of the economy towards the development of “smart cities”. The existing definitions of the concept of “smart city” are considered, the author’s definition of the concept is formed, reflecting the connection of “smart cities” with geographical location, population and infrastructure, the focus on ensuring the sustainable development of the urban ecosystem and improving the quality of life of the population through the use of information and communication technologies. The directions, indicators, subjects, measures for regulating and supporting the digital transformation of “smart cities” are highlighted. Particular attention is paid to the rating assessment of “smart cities”, a conclusion is made about the need to form a rating system for assessing the “smart cities” of the EAEU member states, which would be based on the rating systems already existing in the world.

Ключевые слова: «умный город», цифровая трансформация, определение понятия «умный город», рейтинговая оценка «умных городов», государства — члены ЕАЭС.

Key words: “smart city”, digital transformation, definition of the concept of “smart city”, rating assessment of “smart cities”, EAEU member states.

Введение. «Умный город» — это насыщенная цифровыми технологиями современная городская экосистема, использующая различные информационно-коммуникационные ресурсы в целях обеспечения комфортной жизнедеятельности человека. Цифровая информация «умного города» используется для эффективного управления его ресурсами и обеспечивает качество работы городской инфраструктуры. «Умные города» используют данные, собранные от граждан, автоматических устройств зданий и имущества, которые обрабатываются и анализируются для мониторинга и управления дорожным движением и транспортными системами, электроснабжением, коммунальными службами, сетями водоснабжения, отходами, безопасностью, информационными системами учреждений образования, здравоохранения, культуры и другими общественными службами. «Умные города» определяются тем, как их руководство использует технологии и как они контролируют, анализируют, планируют и управляют городом. В «умных городах» обмен данными не ограничивается самим городом. Он также включает предприятия, граждан и другие третьи стороны, которые могут извлечь выгоду из различного использования этих данных. Обмен данными из разных систем и секторов создает новые возможности для оценки ситуации и получения дополнительных экономических выгод.

Цифровая трансформация экономики, активно проявляющаяся в развитии «умных городов», рассматривалась такими учеными, как С. Голдсмит [1], Д. Макларен, Д. Аджеман [2], М. Дикин, А. В. Хусам [3], С. Фуртанье [4] и др. Вместе с тем в настоящее время активного развития цифровых технологий еще не выработано единого подхода к концепции развития «умных городов», нет единого определения термина «умный город», существует много рейтингов, каждый из которых использует свою методологию, и государства — члены Евразийского экономического союза (ЕАЭС) еще не сформировали единых подходов к «умным городам» и рейтинговой системе оценки их зрелости.

Основная часть. «Города и округа сталкиваются со многими проблемами и рисками, такими как безработица, бедность, пробки на дорогах, высокий уровень преступности, кибератаки и медленные бюрократические системы обработки деловых операций. Люди, процессы и технологии — это три столпа инициатив «умного города», которые можно использовать для решения этих проблем» [5]. «Умные города» определяются как умные на основании того, как их администрация использует современные технологии, как собирается и анализируется информация, планируется и контролируется жизнь города. Город представляет собой единую экосистему, и «умный город» функционирует как единый организм, в котором информационные потоки обеспечивают связь и взаимодействие между его жителями, бизнес-средой, инфраструктурой и институтами. По мере того, как новые технологии превращают города в «умные города», они станут богатыми источниками данных. По оценкам Cisco, типичный «умный город» с населением в один миллион человек генерирует 180 млн гигабайт данных в день [6]. Эти данные могут создавать новые возможности, такие как предоставление новых видов услуг, создание новых продуктов для бизнеса и улучшение управления городом» [7]. В «умных городах» обмен данными не ограничивается администрацией города, не представляет собой сугубо административный рычаг управления, а наоборот создается для бизнес-среды и граждан, которые могут извлечь выгоду от различного использования цифровых данных. Обмен данными из разных систем и секторов предоставляет возможность взаимодействия населения города и его бизнес-среды и получения ими экономических выгод. Администрация города должна создавать условия, обеспечивающие полноту, доступность, транспарентность информационной среды и ее безопасность для общества.

Концепция «умного города» объединяет информационные и коммуникационные технологии, обеспечивающие управление городом, предоставление онлайн-услуг, эффективной связи органов административного управления с населением. Технологии «умного» города позволяют администрации города напрямую взаимодействовать как с бизнес-средой, так и с гражданами, осуществлять мониторинг процессов жизни города, определять направления его развития. Информационно-коммуникационные технологии используются для повышения качества, производительности и интерактивности городских услуг, обеспечивают снижение объемов потребления ресурсов, а также для расширения контактов между гражданами, бизнес-средой и административно-управленческими структурами. Информационные приложения «умного города» разрабатываются для управления материальными, финансовыми и информационными потоками. Компоненты «умного города» и их взаимодействие показаны на рис. 1.

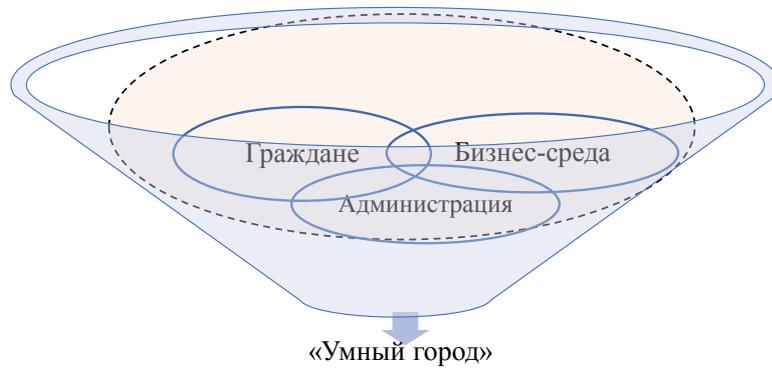


Рис. 1. Компоненты «умного города» и их взаимодействие

Источник: собственная разработка автора.

Основными компонентами «умного города» являются граждане (население города и приезжие граждане), бизнес-среда и администрация города. «Умным» город делает использование информационно-коммуникационных технологий, которые обеспечивают «умное управление». Считается, что «умный город» более подготовлен к оперативному решению проблем, чем город с традиционными отношениями со своими гражданами.

Многогранность подходов к пониманию сущности «умных городов» привело к тому, что различные авторы и нормативные документы трактуют это понятие по-разному. В табл. 1 приведены альтернативные определения термина «умный город» и выделены их основные характеристики, которые позволяют оценить многообразие подходов к трактовке понятия «умный город» и аспектов этого явления в различных исследованиях.

Таблица 1

Определения термина «умный город» и его основные характеристики

№ п/п	Определение	Основные характеристики	Источник
1.	Развитая городская территория, которая обеспечивает устойчивое экономическое развитие и высокое качество жизни за счет превосходства в нескольких ключевых областях: экономика, мобильность, окружающая среда, люди, жизнь и правительство. В этих ключевых областях можно добиться совершенства благодаря сильному человеческому капиталу, социальному капиталу и/или инфраструктуре ИКТ	Привязка к территории. Нацеленность на устойчивое экономическое развитие и высокое качество жизни. Средства достижения цели: сильному человеческому капиталу, социальному капиталу и/или инфраструктуре ИКТ	[8]
2.	Город можно назвать умным, когда инвестиции в человеческий и социальный капитал, традиционный транспорт и современную инфраструктуру ИКТ способствуют устойчивому экономическому росту и высокому качеству жизни при разумном управлении природными ресурсами, через совместное управление	Привязка к направлению инвестиций. Нацеленность на устойчивый экономический рост и высокое качество жизни. Средства: инвестиции в человеческий и социальный капитал, традиционный транспорт и современную инфраструктуру ИКТ	[9]
3.	Концепция не статична: нет ни абсолютного определения «умного города», ни конечной точки, а скорее процесс или последовательность шагов, посредством которых города становятся более «жизнеспособными» и устойчивыми, следовательно, способными быстрее реагировать на новые вызовы	Привязка к процессу. Нацеленность на жизнеспособность и устойчивость городов, способность реагировать на новые вызовы. Средства: не раскрываются	[10]

№ п/п	Определение	Основные характеристики	Источник
4.	«Умный город» — это место, где традиционные сети и услуги становятся более эффективными с использованием цифровых решений на благо его жителей и бизнеса	Привязка к территории. Нацеленность на благо его жителей и бизнеса. Средства: использование цифровых решений	[11]
5.	«Умный город»: технология интеграции информационных и коммуникационных технологий и интернета вещей для обеспечения функционирования и управления инфраструктурой, обеспечения реализации бизнес-процессов «умного города». В контексте «умного города» задачи, цели, события и процессы, возникающие при управлении городской инфраструктурой, должны быть конкретными, измеримыми, достижимыми, релевантными и ограниченными во времени	Привязка к технологиям. Нацеленность на обеспечение функционирования и управления инфраструктурой, реализация бизнес-процессов. Средства: технология интеграции информационных и коммуникационных технологий и интернета вещей	[12]
6.	«Умный город» — это сообщество людей, взаимодействующих друг с другом через информационно-коммуникационные технологии, которые оптимизируют данный процесс, способствуя росту возможностей горожан и экономики в целом	Привязка к сообществу людей. Нацеленность на рост возможностей горожан и экономики в целом. Средства: информационно-коммуникационные технологии	[13]
7.	«Умный город» подразумевает разработку и внедрение инновационных решений для управления городской инфраструктурой, обеспечивающих сбор и обработку больших массивов данных, анализ которых позволяет прогнозировать «поведение» отдельных объектов инфраструктуры, предотвращать опасные ситуации, оказывать жителям и гостям города многочисленные услуги, повышая комфорт их жизнедеятельности	Привязка к разработке и внедрению инновационных решений. Нацеленность на прогнозирование «поведения» отдельных объектов инфраструктуры, предотвращение опасных ситуаций, оказание жителям и гостям города многочисленных услуг, повышая комфорт их жизнедеятельности. Средства: инновационные решения для управления городской инфраструктурой	[14]
8.	«Умный город» — это эффективная интеграция физических, цифровых и человеческих систем в искусственно созданной среде с целью обеспечить устойчивое, благополучное и всестороннее будущее для граждан	Привязка к интеграции физических, цифровых и человеческих систем. Нацеленность на обеспечение устойчивого, благополучного и всестороннего будущего для граждан. Средства: искусственно созданная среда	[15]
9.	«Умный город» объединяет технологии, правительство и общество, чтобы обеспечить следующие характеристики: умная экономика, умная мобильность, умная среда, умные люди, умный образ жизни, умное управление	Привязка к объединению технологии, правительства и общества. Нацеленность на обеспечение умной экономики, умной мобильности, умной среды, умных людей, умного образа жизни, умного управления. Средства: технологии, правительство и общество	[16]
10.	«Умный город» — это город, использующий технологические решения для улучшения управления и повышения эффективности городской среды. Как правило, «умные города» считаются передовыми в шести сферах деятельности, а именно: умное правительство, умная экономика, умная среда, умная жизнь, умная мобильность и умные люди	Привязка к использованию технологических решений. Нацеленность на улучшение управления и повышение эффективности городской среды. Средства: умное правительство, умная экономика, умная среда, умная жизнь, умная мобильность и умные люди	[7]

Источник: собственная разработка автора.

Таким образом, в этих определениях подчеркивается роль информационных технологий в развитии городской среды, но в то же время целевая направленность — это повышение уровня жизни и благополучия граждан.

В рамках исследования сформулировано авторское определение понятия «умный город», выражаемое как город, использующий информационно-коммуникационные технологии для обеспечения устойчивого развития городской экосистемы и повышения качества жизни населения.

Данное определение в первую очередь учитывает привязку к локации: «умный город» — это прежде всего город с его географическим размещением, численностью населения и инфраструктурой. Целевая ориентация «умного города» для обеспечения устойчивого развития городской экосистемы и повышения качества жизни населения, при этом термин «экосистема» используется для обозначения сложной сети взаимосвязанных организаций, индивидов, институтов и бизнес-среды города. Использование термина понятия «экосистема» заключается в том, что оно подчеркивает важность взаимодействия, сотрудничества и взаимозависимости между элементами экосистемы для достижения общих целей устойчивого развития города и повышения качества жизни населения.

«Умным» город делает использование разнообразных информационно-коммуникационных технологий, при этом информационно-коммуникационные технологии понимаются в широком спектре технологий и инструментов, которые включают в себя:

- сети связи, включая мобильные сети, беспроводные сети и оптоволоконные сети, которые обеспечивают связь между устройствами и системами в городе;
- облачные вычисления, которые используются для хранения и обработки данных, а также для предоставления городским службам доступа к ресурсам и информации;
- большие данные (Big Data), которые используются для анализа и обработки больших объемов данных, собираемых в «умных городах»;
- искусственный интеллект и машинное обучение, применяемые для анализа данных, предсказания трендов и автоматизации процессов в «умных городах»;
- интернет вещей (IoT), подключение физических устройств и объектов к интернету для сбора данных и управления ими.

Направления, показатели, субъекты и меры регулирования и поддержки цифровой трансформации «умных городов» наглядно показаны на рис. 2.

Направления цифровой трансформации «умных городов» охватывают все сферы материального и нематериального производства. Цифровая трансформация не может касаться только отдельных видов экономической деятельности. Она пронизывает все сферы: умный дом, цифровое правительство, цифровая торговля, умный транспорт, киберспорт, цифровое здравоохранение. В настоящее время цифровизация может рассматриваться как на локальном уровне, применительно к отдельным системам (умное видеонаблюдение, умная остановка общественного транспорта, умное освещение), так и к отдельным объектам (умный дом, умный транспорт), к отдельным локациям («умный город»). Учитывая, что понятие «город» касается территориального размещения, границы которого могут быть очень размыты, и административное деление не всегда отражает реальные границы локализации процессов жизнедеятельности, в настоящее время понятие «умный город» трансформируется в понятие «умная экосистема».

Показатели цифровой трансформации, такие как достижение цифровой зрелости ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления, доля массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде, доля домохозяйств, имеющих широкополосный доступ к интернету, увеличение вложений в отечественные IT-решения, отражают как социальную направленность (доля массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде, доля домохозяйств, имеющих широкополосный доступ к интернету) обеспечения населения, так и интересы IT-сектора (увеличение вложений в отечественные IT-решения). С точки зрения бизнеса важно достижение цифровой зрелости ключевых отраслей экономики, а с точки зрения органов государственного управления достижение цифровой зрелости социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления и доля массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде. Таким образом, показатели цифровой трансформации охватывают все субъекты цифровой трансформации.

Меры регулирования и поддержки, стимулирующие цифровую трансформацию национальной экономики в условиях усиления борьбы и увеличения требований к конкурентоспособности продуктов и организаций на рынке предусматривают как меры регулирования (регистрация, сертификация продуктов, лицензирование деятельности), так и стимулирования с использованием финансовых рычагов и налоговых инструментов.

В разных странах и регионах в технологиях «умного города» видят решение самых значимых проблем общества. Для одних стран это трудоустройство и решение проблем безработицы, для других — снижение уровня преступности и безопасности дорожного движения, для третьих акцент делается на здравоохранении



Рис. 2. Направления, показатели, субъекты, меры регулирования и поддержки цифровой трансформации «умных городов»

Источник: собственная разработка автора.

и образовании, в других — на жилищно-коммунальные услуги и умные здания. Однако в целом все сходится во мнении, что информационные технологии должны быть ориентированы на повышение качества жизни населения.

Р. Гиффингер, К. Фертнер, Х. Крамар, Р. Каласек, Н. Пихлер-Миланович, Э. Мейерс, говоря об «умных городах», делают акцент на «региональную конкурентоспособность, транспорт и экономику информационно-коммуникационных технологий, природные ресурсы, человеческий и социальный капитал, качество жизни и участие горожан в управлении городами» [17]. Отличительной особенностью этого подхода является то, что акцент сделан на региональную конкурентоспособность, которая как таковая и обеспечивает повышение качества жизни, рост человеческого и социального капитала.

В настоящее время не только усложнилась интерпретация понятия «умный город», но значительно расширилась современная практика использования цифровых технологий для решения социально-политических проблем: сегодня подходы к интеллектуальному градостроительству в разных странах существенно различаются, ни один город не копирует чужие практики, но пытается ориентироваться на собственные традиции и запросы жителей. «Важную роль в выборе социально-политического курса играют социокультурные традиции города и страны: ведь именно люди — их менталитет, интеллектуальные запросы — определяют лицо «умного города»» [18].

С. Г. Камолов, С. С. Глазьева справедливо отмечают, что «для Евразийского союза выдвижение темы “умных городов” на интеграционную повестку может создать дополнительные преимущества: страны ЕАЭС в данный момент реализуют национальные проекты в области “умных городов”, а сотрудничество в рамках ЕАЭС может послужить в качестве дополнительного источника знаний и опыта и создать стратегические возможности для IT-индустрии» [19]. «Умные города» пока не приоритетны для повестки ЕАЭС. Это во многом объясняется позицией Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), согласно которой «умные города» являются локальными проектами [20].

Интеграция в рамках ЕАЭС направлена на укрепление экономических связей между государствами-членами и повышение их конкурентоспособности на мировой арене. «Умные города» были заявлены в качестве одного из прорывных кросс-отраслевых проектов в предложениях по формированию цифрового пространства ЕАЭС, подготовленных рабочей группой ЕЭК в 2016 г. Кроме того, «умные города» в контексте евразийской интеграции указаны в Дорожной карте по направлению «умный город» программы «Цифровая экономика Российской Федерации» в качестве задачи совместной со странами ЕАЭС разработки рейтинга умных городов на пространстве ЕАЭС [19].

ЕЭК активно развивает сотрудничество с организациями стандартизации. Одним из партнеров ЕЭК является Международная электротехническая комиссия. В 2018 г. была создана совместная профильная рабочая группа, в рамках которой планируется обсуждать вопросы, связанные с цифровой повесткой ЕАЭС, в том числе тему «умных городов» [21]. ЕЭК выстраивает диалог с европейскими организациями стандартизации CEN и CENELEC, с которыми в 2017 г. был подписан Меморандум о взаимодействии. На встречах с представителями европейских организаций стандартизации обсуждались новые направления в области «умных» технологий, систем измерения и транспортных систем.

Евразийский союз ведет активную работу по гармонизации стандартов стран-участниц в контексте формирования цифрового пространства ЕАЭС. Интеграционная повестка объединения охватывает все больший круг вопросов, и особое внимание уделяется перспективным направлениям развития цифровых экономик стран участниц. В этой связи выработка общих подходов к «умным городам», поиск общего определения и согласование единого видения — вопросы недалекого будущего. В Стратегических направлениях формирования и развития цифрового пространства ЕАЭС до 2025 г. отмечается необходимость создания Евразийского института стандартизации по приоритетным направлениям цифровой трансформации экономики, чья компетенция должна включать и вопросы развития «умных городов».

Большое значение для создания платформы диалога ученых, специалистов, бизнес-среды, мэров городов и других заинтересованных сторон, обмена информацией об «умных городах» государств — членов ЕАЭС играет формирование рейтинговой системы оценки «умных городов», которая в своей основе опирается бы на рейтинговые системы, уже существующие в мире.

Информация, позволяющая сравнить рейтинг «умных городов» государств — членов ЕАЭС, приведена в табл. 2. Каждый рейтинг «умных городов» имеет свою специфику. Smart City Index и Local Online Service Index учитывают самую большую географию (города мира), что обеспечивает максимальный охват и сопоставление городов различных частей света, разных масштабов и экономик. Local Online Service Index также содержит наибольшее количество показателей, которые сгруппированы в 5 категорий, что позволяет объединять широту охвата характеристик «умного города» и глубину их оценки. Сами показатели, которые содержатся в различных системах, в целом идентичны, учитывают институциональную среду, предоставление контента, услуг, участие и вовлеченность, а также технологии «умного города».

Преимуществом «Индекса IQ городов России» является большой охват респондентов — 213 городов и разделение этих городов по масштабу. Масштаб городов учитывает также индекс Local Online Service Index. Это особенно важно при формировании рейтинга «умных городов» государств — членов ЕАЭС и государств — наблюдателей ЕАЭС. Повышения степени зрелости городов государств — членов ЕАЭС не должно замыкаться на столицах, а должно охватывать все города, включая областного и регионального уровней. В то же время подходы к формированию рейтинговой оценки для городов разного уровня должны отличаться, так как они имеют разные потребности, и подходы к оценке их экосистемы различны.

Рейтинговые системы «умных городов» государств — членов ЕАЭС

Показатель	Характеристика и значения показателей				Local Online Service Index (LOSI)
	Smart City Index	Индекс IQ городов России	Рейтинг «умных городов» стран СНГ и Закавказья	Local Online Service Index (LOSI)	
Организация, составляющая рейтинг	Центр мировой конкурентоспособности IMD и Сингапурский университет технологий и дизайна	Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации	Компания Kert	ООН Local Online Service Index (LOSI)	
География	Города мира	Города России	Города государств СНГ и Закавказья	Города мира	
Группы показателей	<p>Инфраструктура и технологии, в том числе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) уровень здравоохранения и безопасности 2) мобильность 3) активность 4) возможности (работа и учеба) 5) перспективы развития и роста 6) государственное управление 	<p>47 показателей по 10 направлениям в том числе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) городское управление 2) «умное» ЖКХ 3) инновации для городской среды 4) «умный» городской транспорт 5) интеллектуальные системы общественной и экологической безопасности 6) туризм и сервис 7) интеллектуальные системы социальных услуг 8) экономическое состояние; 9) инвестиклимат 10) инфраструктура сетей связи 	<p>75 показателей, включая 47 качественных (преимущественно о наличии и/или степени развития той или иной технологии) и 28 количественных показателей. Пять ключевых направлений:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Умное городское управление 2) Умный образ жизни 3) Умный транспорт 4) Умный бизнес и занятость 5) Устойчивое развитие <p>Каждое направление включает 4–6 групп показателей</p>	<p>86 показателей, относящихся к пяти критериям:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) институциональная структура (8 показателей) 2) предоставление контента (25 показателей) 3) предоставление услуг (18 показателей) 4) участие и вовлеченность (17 показателей) 5) технология (18 показателей) 	
Опрос и оценка	118 городов 15 000 человек	213 городов	15 городов	193 города	
Год проведения оценки	2021	2022	2023	2022	
Источник информации	[22]	[23]	[24]	[25]	

Показатель	Характеристика и значения показателей			
	Smart City Index	Индекс IQ городов России	Рейтинг «умных городов» стран СНГ и Закавказья	Local Online Service Index (LOSI)
Категории городов		Крупнейшие города Крупные города Большие города Административные центры		Метрополисы с населением 10 млн и более Крупные города с населением от 5 до 10 млн человек Средние города с населением от 1 до 5 млн человек Города с населением от 0,5 до 1 млн человек Городские поселения с населением до 0,5 млн человек
Первые 10 лидеров и их оценки				
1	Сингапур — AAA	Москва — 117,16	Лондон — 57,4	Берлин — 0,9767
2	Цюрих — AA	Санкт-Петербург — 98,13	Москва — 56,9	Мадрид — 0,9767
3	Осло — AA	Нижний Новгород — 88,26	Сингапур — 56,6	Таллин — 0,9535
4	Тайбэй — A	Уфа — 86,70	Нью-Йорк — 55,3	Копенгаген — 0,9419
5	Лозанна — A	Казань — 85,00	Санкт-Петербург — 53,2	Дубай — 0,9186
6	Хельсинки — A	Красноярск — 75,97	Астана — 50,7	Москва — 0,9186
7	Копенгаген — A	Волгоград — 72,95	Казань — 50,4	Нью-Йорк — 0,9186
8	Женева — A	Челябинск — 70,97	Минск — 50,2	Париж — 0,9186
9	Окленд — A	Воронеж — 70,57	Новосибирск — 48,9	Сингапур — 0,9070
10	Бильбао — BBB	Пермь — 67,71	Екатеринбург — 48,9	Шанхай — 0,8837
Место, оценки городов	54-е место Москва — категория В	Только города Российской Федерации	11-е место Ташкент — 46,1	26-е место Алматы — 0,8023
государств — членов ЕАЭС	79-е место Санкт-Петербург — категория CCC		12-е место Тбилиси — 44,7	53-е место Ереван — 0,6395
и Республики Узбекистан			13-е место Ереван — 44,6	71-е место Минск — 0,5233
			14-е место Бишкек — 43,6	73-е место Бишкек — 0,5000
			15-е место Баку — 41,6	87-е место Ташкент — 0,4186
Примечания	Нет числовой оценки. Только уровни. Основной принцип: «государство как сервис»	Максимальное количество баллов — 120. Проводится в рамках ведомственного проекта «Умный город»	Оценивались пять крупнейших городов России по населению, а также столицы отдельных стран СНГ и Закавказья. Три мировых метрополиса (Лондон, Сингапур, Нью-Йорк) добавлены для сравнения с передовыми международными практиками	Рассматриваются самые густонаселенные города в каждой стране

Источник: собственная разработка автора.

Сравнивая позиции городов государств — членов ЕАЭС и Республики Узбекистан, можно отметить, что во всех рейтингах лидирующую позицию занимает Москва. Минск и Ташкент, в зависимости от методологии оценки, отстают от лидера на 15–50 %. Дифференциация позволяет оценить отрыв и определить направления его ликвидации, что особенно важно для городов, которые хотят повысить уровень комфортности и качества жизни для своих горожан. Большое значение для выработки единых подходов к развитию «умных городов», их рейтинговой оценке играет реализация совместных прикладных исследований в рамках государственных научных исследований по теме «Научно-методологические основы цифровой трансформации национальной экономики в условиях усиления конкурентоспособности рынков ЕАЭС», которая призвана сформировать единое видение проблемы, обеспечить получение новых знаний о сущности цифровой трансформации экономики, месте и роли «умных городов» как центров инновационного развития, обеспечивающих гармоничное развитие человеческого капитала.

Заключение. Цифровая трансформация — очень сложный и многогранный процесс. В Республике Беларусь многое сделано с точки зрения развития информационной инфраструктуры и человеческого капитала. Государственная программа цифрового развития Беларуси на 2021–2025 гг. должна была решить целый ряд амбициозных задач цифровой трансформации. Однако внешние и внутренние вызовы затруднили достижение ряда поставленных целей, выдвинув на повестку дня вопрос о реформировании цифровой повестки и ускорении данного процесса в целях достижения цифрового суверенитета. Построение новой управленческой вертикали, стимулирование разработки и реализации цифровых проектов в рамках государственных программ, появление долгожданной системы оценки цифровой трансформации государства, отраслей и регионов, ускоренное развитие электронного правительства — это основные вехи современной цифровой перестройки национальной экономики Беларуси. Стратегическим приоритетом является и активное участие страны во внешнеэкономических проектах по формированию единого цифрового пространства ЕАЭС, где достижение технологического суверенитета стало фактором усиления интеграции стран и условием их будущего успешного развития.

Основными направлениями продвижения темы «умных городов» в ЕАЭС должны стать:

1. Создание альянса «умных городов» государств — членов ЕАЭС.

Государства — члены ЕАЭС могут использовать опыт существующих интеграционных объединений «умных городов». Так, в Европейском союзе с 2012 г. существует Европейское инновационное партнерство по «умным городам» и сообществам, а в 2018 г. появилась Сеть «умных городов» Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН). Международный альянс «умных городов», основанный в 2019 г., координирует сотрудничество участников сообществ G20, Urban 20 и Business 20 для разработки общих правил и норм ответственного использования цифровых технологий в городских условиях. В альянс включены муниципальные, региональные и национальные правительства, партнеры частного сектора 37 мегаполисов, среди которых Барселона, Богота, Бразилиа, Буэнос-Айрес, Лиссабон, Лондон, Манила, Мельбурн, Мехико, Милан, Москва, Сан-Хосе, Стамбул, Токио и др. Объединения «умных городов» в единый альянс позволит обеспечить выработку эффективных подходов к развитию «умных городов», сформирует прямые горизонтальные связи администраций, бизнеса и, что самое важное, населения городов, обеспечит опережающие темпы роста экономики городов, особенно для стран, только начинающих внедрять технологии «умного города». Альянс «умных городов» возможен не только между столицами государств, но и городами областного и районного уровней, регионами, решающими одинаковые задачи цифровой трансформации рынков. Организация мероприятий, форумов и семинаров по «умным городам» позволит городам в рамках ЕАЭС делиться опытом и передавать знания о наилучших практиках в этой области. Это содействует ускорению внедрения умных технологий.

2. Использование единой площадки ЕАЭС для продвижения технологических решений «умного города», разрабатываемых компаниями государств — членов ЕАЭС.

Цифровая трансформация рынков государств — членов ЕАЭС должна обеспечить приоритеты при продвижении технологий отечественных компаний. Не умаляя национальные интересы, интеграционное объединение ЕАЭС должно способствовать продвижению продуктов ИТ-компаний государств — участников ЕАЭС, способствовать повышению их конкурентоспособности.

3. Совместная разработка концепций «умного города», стандартов и рейтингов, обеспечивающих внедрение лучшей практики, определяющих перспективные направления ускоренного развития городов.

Создание общих стандартов и нормативных документов для «умных городов» поможет обеспечить совместимость и взаимодействие различных систем и решений между городами в государствах — членах ЕАЭС. Это также способствует повышению безопасности и устойчивости умных городов.

4. Стимулирование инвестиций в проекты «умных городов» как через государственные, так и внебюджетные источники поможет финансировать важные инициативы и развивать инфраструктуру для «умных городов».

5. Обучение и подготовка кадров.

Развитие профессиональных навыков и знаний в области «умных городов» среди городских служащих, инженеров и технических специалистов, а также среди населения является важным элементом развития. Это может включать в себя обучение по внедрению и управлению умными системами, а также обучение в сфере использования информационно-коммуникационных технологий, которое должно стать неотъемлемым элементом всех образовательных программ всех ступеней обучения, подготовки и переподготовки кадров.

Эти направления могут способствовать развитию «умных городов» в государствах — членах ЕАЭС и обеспечить более эффективное управление городской инфраструктурой и повышение качества жизни горожан.

Неравномерность цифровой трансформации экономики различных государств — членов ЕАЭС и отдельных городов этих государств может быть нивелирована посредством внедрения лучших практик реализации комплексных концепций, стандартов «умного города», обеспечивающих опережающие темпы развития, повышение рейтинга городов, имеющих в настоящее время низкие стартовые позиции.

«На сегодняшний день ключевым сдерживающим фактором является несогласованность цифровой политики государств — членов Союза, сохраняющаяся вопреки принятию цифровой повестки. Программы цифровой трансформации приняты и реализуются в каждой стране — участнице Союза, однако практически отсутствует интеграция положений цифровой повестки. Остается нереализованным и потенциал обмена опытом и реализации совместных проектов в области цифровой трансформации экономики.

Союзу предстоит решить ряд внутренних проблем, связанных с эффективностью цифровой повестки, в том числе вопрос о регулировании оборота данных, существенно препятствующий реализации даже существующих цифровых инициатив. Нерешенные законодательные противоречия служат камнем преткновения на пути к развитию повестки, составной частью которой должны стать «умные города». Предстоит решить и проблему неравномерности цифрового развития стран Союза: разный уровень технологического развития осложняет реализацию совместных инициатив в области технологий «умных городов» [с. 78, 19].

Реализация совместных прикладных исследований в рамках программ по научной деятельности по теме «Научно-методологические основы цифровой трансформации национальной экономики в условиях усиления конкурентоспособности рынков ЕАЭС» призвана сформировать единое видение проблемы, обеспечить получение новых знаний о сущности цифровой трансформации, месте и роли «умных городов» как центров инновационного развития, обеспечивающих гармоничное развитие человеческого капитала.

Используемые источники информации:

1. Голдсмит, С. По мере того, как растет хор защитников глупых городов, как мы определяем действительно умный город? / С. Голдсмит [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://datasmart.hks.harvard.edu>. — Дата доступа: 27.08.2022.
2. Mc McLaren, D. Sharing Cities: A Case for Truly Smart and Sustainable Cities / D. Mc McLaren, J. Agyeman. — MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2015.
3. Дикин, М. От интеллектуальных к умным городам / М. Дикин, Х. Аль Ваер // Intelligent Buildings International. — 2011. — No. 3 (3) — P. 140–152. DOI:10.1080/17508975.2011.586671. S2CID110580067
4. Фуртане, С. Подключенные транспортные средства в умных городах: будущее транспорта / С. Фуртане [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.engineering.com/home>. — Дата доступа: 27.08.2022.
5. Муса, С. Умные города — дорожная карта развития / С. Муса // IEEE Potentials. — 2018. — No. 2. — P. 19–23. DOI: 10.1109/MPOT.2016.2566099
6. Cisco, I. N. C. Cisco Global Cloud Index 2014–2019. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://bit.ly/2Kj8FvU>. — Дата доступа: 01.08.2023.
7. Пайхо, С. Возможности сбора городских данных для умных городов / С. Пайхо, П. Туоминен, Ю. Рёкман, М. Юликеряля, Ю. Паюла, Х. Сиикавирта // Умные города ИЭП. — 2022. — Вып. 4. — С. 275–291.
8. Деловой словарь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://businessdictionary.com>. — Дата доступа: 05.06.2023.
9. Караглиу, А. Умные города Европы / А. Караглиу, К. Дель Бо, П. Нейкамп // Журнал городских технологий. — 2011. — № 18 (2). — С. 65–82. DOI: 10.1080/10630732.2011.601117. ISSN1063-0732. S2CID18753272
10. Умные города — справочный документ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.uk/government/organisations/departement-for-business-innovation-skills>. — Дата доступа: 05.06.2023.
11. European Union Innovation Partnership on Smart Cities and Communities. European Commission [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ec.europa.eu/eip/smartcities>. — Дата доступа: 28.08.2022.
12. Умный город. Термины и определения: СТБ 2622-2023. — Введ. 01.06.2023. / ИПС «Стандарт» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ips3.belgiss.by/TnpaDetail.php?UrlId=675827>. — Дата доступа: 18.07.2023.
13. European Union Innovation Partnership on Smart Cities and Communities. European Commission [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ec.europa.eu/eip/smartcities>. — Дата доступа: 22.08.2023.
14. Типовая концепция развития «умных городов» в Республике Беларусь. Министерство связи и информатизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.mpt.gov.by/sites/default/files/tipovaya_kontseptsiya.pdf. — Дата доступа: 17.08.2023.
15. British Standard Institution (BSI). ISO. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iso.org/member/2064.html>. — Дата доступа: 17.08.2023.

16. Pribyl, O. Intelligent Mobility in Smart Cities / O. Pribyl, M. Svitek, L. Rothkrantz // Applied Sciences (Switzerland). — No. 12 (7) [3440] [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/app12073440>. — Дата доступа: 28.08.2023.
17. Гиффингер, Р. Умные города — рейтинг средних городов Европы / Р. Гиффингер, К. Фертнер, Х. Крамар, Р. Каласек, Н. Пихлер-Миланович, Э. Мейерс [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf. — Дата доступа: 17.07.2023.
18. Василенко, И. А. Европейский опыт формирования социально-политической концепции «умного города» / И. А. Василенко, Е. В. Михайлова // Мировая экономика и международные отношения. — 2020. — Т. 64. — № 9. — С. 83–95.
19. Камолов, С. Г. Умные города на повестке интеграционных объединений / Камолов С. Г., Глазьева С. С. // Право и управление. XXI век. — 2020. — Т. 16. — №. 2. — С. 98–105.
20. ЕАЭС создает цифровую экосреду // Евразийская экономическая комиссия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org>. — Дата доступа: 17.08.2023.
21. ЕЭК развивает полноформатное сотрудничество с Международной электротехнической комиссией // Евразийская экономическая комиссия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org>. — Дата доступа: 17.08.2023.
22. Рейтинг самых умных городов мира [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nonews.co/directory/lists/cities/smart-city-index>. — Дата доступа: 17.08.2023.
23. Минстрой России опубликовал индекс IQ городов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/press/minstroy-rossii-opublikoval-indeks-iq-gorodov>. — Дата доступа: 18.08.2023.
24. Рейтинг умных городов стран СНГ и Закавказья [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://kept.ru/news/rejting-umnykh-gorodov-stran-sng-i-zakavkazya/?utm_source=vc.ru&utm_medium=referral&utm_campaign=vc.ru&utm_referrer=vc.ru. — Дата доступа: 18.08.2023.
25. Исследование ООН: Электронное правительство 2022. Будущее цифрового правительства [Электронный документ]. — Режим доступа: <https://desapublications.un.org/sites/default/files/publications/2023-02/UN%20E-Government%20Survey%202022%20-%20Russian%20Web%20Version.pdf>. — Дата доступа: 17.08.2023.

УДК 330.341

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

FOREIGN EXPERIENCE OF INNOVATIVE DEVELOPMENT STIMULATION AND ITS APPLICATION IN THE CONDITIONS OF BELARUS

А. А. Войтешик,

аспирант Белорусского национального технического университета,
г. Минск, Республика Беларусь

Л. В. Гринцевич,

доцент Белорусского национального технического университета, канд. экон. наук, доцент,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Voitseshik,

Postgraduate Student of the Belarusian National Technical University,
Minsk, Republic of Belarus

L. Grintsevich,

Associate Professor of the Belarusian National Technical University, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 13.12.2023.

В статье рассмотрен опыт функционирования инновационных систем стран, показавших наилучшие результаты развития согласно Global Innovation Index 2023. Проведен анализ функционирования инновационных систем Швейцарии, Сингапура, Великобритании и Китая. Изучены особенности структуры и организации инновационных систем, развития институциональной среды, использования преимуществ взаимодействия между элементами инновационной системы, особенности финансирования инновационных проектов. Выявлены основные тренды, стимулирующие развитие инноваций в странах-лидерах. Предложены рекомендации для внедрения опыта мировых инновационных лидеров для использования в условиях Республики Беларусь.

The experience of the functioning of innovation systems of countries that have shown the best development results according to the Global Innovation Index 2023 is considered in the article. The analysis of the functioning of the innovation systems of Switzerland, Singapore, Great Britain and China is carried out. Structural and organizational features of innovation systems, the development of the institutional environment, the use of the advantages of interaction between the elements of the innovation system, the specifics of financing innovative projects are studied. Structural and organizational features of innovation systems, the development of the institutional environment, the use of the advantages of interaction between the elements of the innovation system, the specifics of financing innovative projects are studied. The main trends that stimulate the development of innovations in the leading countries are identified. Recommendations for the implementation of the experience of world innovative leaders for use in the conditions of the Republic of Belarus are proposed.

Ключевые слова: инновационная система, преимущества, показатели Глобального индекса инноваций, внедрение опыта.

Key words: innovation system, advantages, indicators of the Global Innovation Index, implementation of the experience.

Изучение мирового опыта функционирования инновационных систем может выявить основные тенденции их развития, позволит адаптировать элементы, реализованные в странах-лидерах, к условиям Республики Беларусь. Сравнительная характеристика стран позволяет увидеть место в общем рейтинге и динамику их инновационного развития относительно друг друга, определить направления совершенствования национальной системы.

Глобальный инновационный индекс (ГИИ), рассчитываемый с 2007 г. Всемирной организацией интеллектуальной собственности (ВОИС) совместно с сетью академических партнеров, позволяет отследить глобальные тенденции в области инноваций в 132 странах мира и может быть использован для разработки государственной стратегии стимулирования инновационной активности. Опубликованный в 2023 г. отчет ВОИС по ГИИ позволяет утверждать, что самыми передовыми странами с точки зрения инноваций являются Швейцария, Швеция, Соединенные Штаты Америки, Великобритания и Сингапур. Швейцария занимает лидирующие позиции уже 13 лет подряд [1]. Положительную динамику в ГИИ показали страны со средним уровнем дохода: Китай вошел в топ-30 экономик мира — занял 12-ю позицию, хорошие позиции у Турции (39-е место), Индии (40-е место), Вьетнама (46-е место), Филиппин (56-е место), Исламской Республики Иран (62-е место) и Индонезии (61-е место). За пределами топ-65, но внутри топ-100 среди стран со средним и низким уровнем дохода больше всего продвинулись вперед (более чем на 20 позиций за последнее десятилетие) Марокко (70-е место), Узбекистан (82-е место), Египет (86-е место) и Пакистан (88-е место).

Беларусь в инновационном рейтинге в 2023 г. заняла 80-е место [1, 2]. В табл. 1 представлено изменение рейтинга Беларуси за последние четыре года.

Таблица 1

Динамика рейтинговых позиций Беларуси в Глобальном инновационном индексе

Годы	Позиция в ГИИ	Вклад в инновации (позиция в рейтинге)	Результаты инноваций (позиция в рейтинге)
2020	64-я	67-я	61-я
2021	62-я	68-я	62-я
2022	77-я	86-я	63-я
2023	80-я	88-я	66-я

Источник: собственная разработка авторов.

Результаты инновационной деятельности в Беларуси за последние четыре года показывают отрицательную динамику, а соотношение вклада в инновации и получаемых результатов указывают на низкие результаты функционирования инновационной системы. Изучение опыта ведущих стран мира в области инноваций позволит усовершенствовать национальную инновационную систему и повысить эффективность ее функционирования.

Для дальнейшего анализа выбраны четыре страны, эффективные в плане развития инновационной деятельности: Швейцария, Великобритания, Сингапур и Китай. Великобритания (Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии) находится на эффективном участке графика (рис. 1) в лидирующих позициях, однако она не вошла в топ стран, имеющих наибольшее количество сильных метрик, по оценке ВОИС. Противоположная ситуация с Сингапуром, где имеется достаточное количество весомых показателей, однако соотношение вложений и выручки показывает невысокую эффективность. Китай имеет результативную инновационную политику и следует за Сингапуром по наличию весомых показателей. Швейцария, заняв первое

место по развитости инновационных мощностей, занимает последнее место из трех вышеперечисленных стран по наличию весомых показателей.

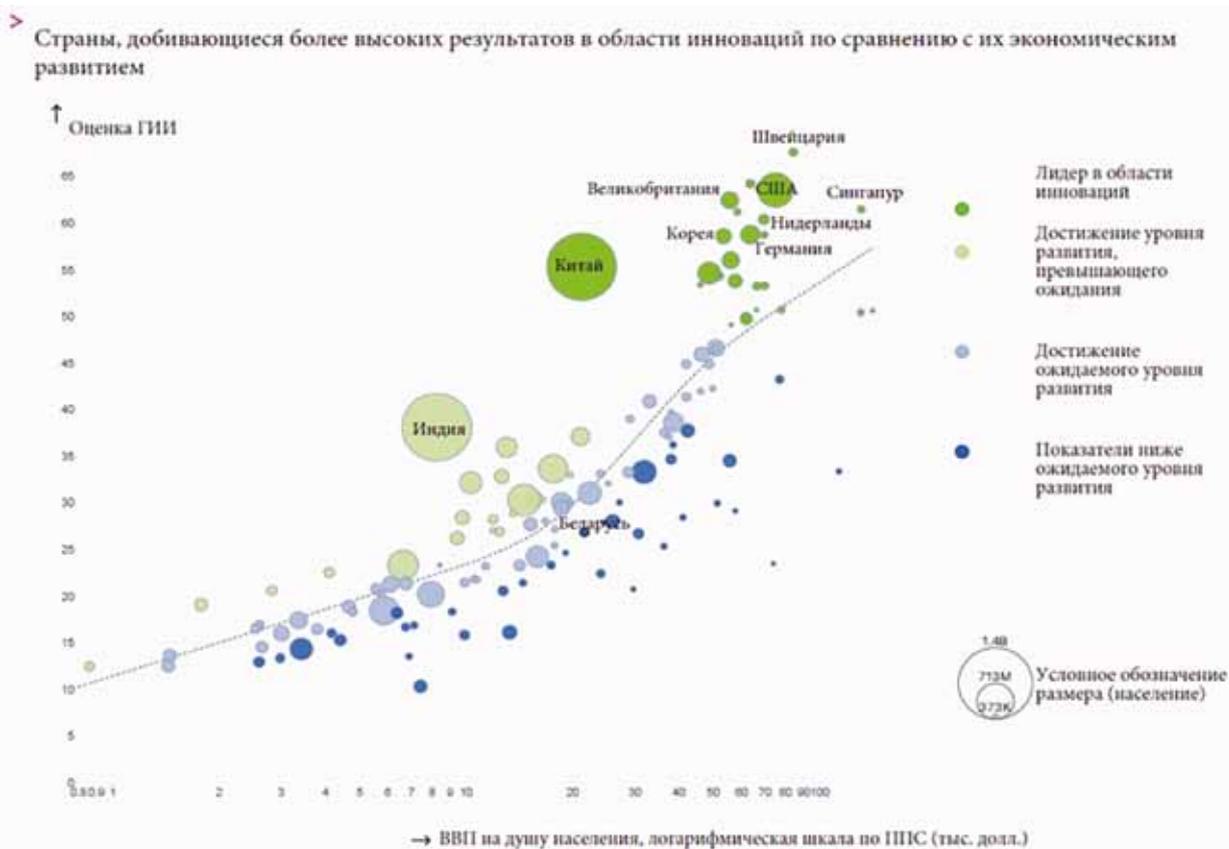


Рис. 1. Положение стран в области инноваций по сравнению с их экономическим развитием

Источник: составлено авторами на основании www.wipo.int.

Анализ субиндексов в ГИИ позволил определить сильные стороны рассматриваемых стран. Табл. 2 включает в себя независимую оценку ВОИС на основе информации, полученной от анализируемых стран и экспертов; индексы и субиндексы представлены неполно в целях выделения сильных сторон выбранных государств.

Таблица 2

Анализ сильных сторон Швейцарии, Сингапура, Великобритании и Китая в ГИИ за 2023 г.

Индикатор	Страна			
	Швейцария	Сингапур	Великобритания	Китай
Институты	+ (2)	+ (1)	(24)	(43)
Политическая среда	(4)	+ (1)	(32)	(44)
– политическая и управленческая стабильность	+ (10)	+ (1)	(41)	(65)
– эффективность правительства	+ (2)	+ (1)	(24)	(37)
Нормативно-правовая база	(5)	+ (1)	(12)	(100)
– регуляторное качество	(9)	+ (1)	(17)	(89)
– стоимость увольнения по сокращению штата	(31)	+ (1)	(25)	(111)
Деловая среда	+ (3)	(1)	(43)	(14)
– политика ведения бизнеса	+ (1)	+ (2)	(32)	(21)
Человеческий капитал и исследования	(6)	+ (2)	(8)	(22)
Образование	(25)	+ (46)	(38)	(11)
– шкалы PISA по чтению, математике и естественным наукам	(21)	+ (2)	(12)	+ (1)

Продолжение таблицы 2

Индикатор	Страна			
	Швейцария	Сингапур	Великобритания	Китай
Исследования и разработки (R&D)	(4)	(14)	+ (6)	(15)
– рейтинг университетов QS, топ-3	(5)	(12)	+ (2)	+ (3)
– глобальные корпоративные инвестиции в исследования и разработки, топ-3, млн долл. США	(4)	(23)	+ (7)	+ (2)
Инфраструктура	(4)	(8)	+ (6)	(27)
Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ)	(25)	(5)	+ (6)	(18)
– доступ к ИКТ	(21)	+ (1)	(10)	(64)
– использование ИКТ	+ (1)	(40)	+ (3)	(26)
– правительственный онлайн-сервис	(49)	(5)	+ (17)	(15)
– е-участие	(41)	+ (3)	(6)	(13)
Экологическая устойчивость	(7)	(37)	+ (2)	(50)
– экологические показатели	(9)	(37)	+ (2)	(118)
– показатель логистики	+ (3)	(1)	(18)	(18)
– валовое накопление капитала, % ВВП	(42)	(69)	(114)	+ (2)
Сложности рынка	(7)	(6)	+ (3)	(13)
Торговля, диверсификация и масштаб рынка	(36)	(45)	+ (6)	+ (3)
– применяемая тарифная ставка, средневзвешенная, %	(18)	+ (3)	(16)	(66)
– диверсификация отечественной промышленности	(66)	(88)	(14)	+ (2)
– масштаб внутреннего рынка, млрд долл. США по паритету покупательной способности (ППС)	(34)	(37)	(9)	+ (1)
Инвестиции	(10)	+ (1)	(11)	(27)
– венчурные инвесторы, сделки/млрд долл. ВВП по ППС	(9)	+ (3)	(11)	(36)
– получатели венчурного капитала, сделки, млрд долл. ВВП по ППС	(8)	+ (1)	(7)	(27)
– полученный венчурный капитал, стоимость, % ВВП	(24)	+ (1)	(8)	(18)
Сложности бизнеса	(5)	+ (3)	(13)	(20)
Усвоение знаний	(13)	+ (1)	(30)	(14)
– платежи за интеллектуальную собственность, % от общего объема торговли	+ (1)	(9)	(13)	(24)
Инновационные связи	+ (3)	(12)	(11)	(27)
– сотрудничество университетов и промышленности в области исследований и разработок	+ (3)	(8)	(12)	(6)
– состояние и глубина развития кластера	+ (3)	(11)	(14)	+ (2)
– семейства патентов, млрд долл. ВВП по ППС	+ (1)	(14)	(20)	(23)
– наукоемкая занятость, %	(10)	+ (2)	(11)	(n/a)
– фирмы, предлагающие формальное обучение, %	(n/a)	(n/a)	(n/a)	(n/a)
– валовые внутренние расходы на НИОКР, финансируемые бизнесом, %	(7)	(16)	(17)	+ (3)
Результаты знаний и технологий	+ (1)	(10)	+ (7)	(6)
Создание знаний	+ (1)	(20)	(9)	+ (3)
– h-индекс цитируемых документов	(10)	(22)	+ (1)	(11)
– патенты по происхождению, млрд долл. ВВП по ППС	(4)	(24)	(16)	+ (2)
– патенты РСТ по происхождению, млрд долл. ВВП по ППС	+ (1)	(11)	(20)	(14)
– полезные модели в разбивке по происхождению, млрд долл. ВВП по ППС	(n/a)	(n/a)	(n/a)	+ (1)
Влияние знаний	(7)	+ (2)	+ (4)	+ (3)
– высокотехнологичное производство, %	+ (2)	+ (1)	(22)	(13)
– расходы на программное обеспечение, % ВВП	(9)	(59)	+ (2)	(27)
– рост производительности труда, %	(68)	(31)	(86)	+ (1)
– поступления от интеллектуальной собственности, % от общего объема торговли	+ (1)	(16)	(9)	(33)
– сложность производства и экспорта	+ (2)	(5)	(10)	(17)

Индикатор	Страна			
	Швейцария	Сингапур	Великобритания	Китай
Творческие результаты	+ (1)	(18)	+ (2)	(14)
Нематериальные активы	(6)	(41)	(8)	+ (1)
– интенсивность использования нематериальных активов, топ-15, %	(10)	(59)	+ (4)	(11)
– стоимость мирового бренда, топ-5000, % ВВП	+ (2)	(11)	(10)	(20)
– товарные знаки по происхождению, млрд долл. ВВП по ППС	(25)	(87)	(30)	+ (1)
– промышленные образцы в разбивке по происхождению, млрд долл. ВВП по ППС	(21)	(66)	(13)	+ (2)
Креативные товары и услуги	+ (2)	(6)	+ (9)	(28)
– экспорт культурных и креативных услуг, % от общего объема торговли	(44)	+ (1)	+ (6)	(51)
– рынок развлечений и медиа, стр. 15–69	+ (2)	(20)	(6)	(32)
– экспорт креативных товаров, % от общего объема торговли	(10)	(15)	(25)	+ (1)
Онлайн-творчество	+ (2)	(16)	(9)	(23)
– TDIs-код страны, стр. 15–69	+ (1)	(39)	+ (7)	(56)
– получены сообщения о фиксации на GitHub	+ (1)	+ (1)	(17)	(107)

Примечание: «+» — сильные стороны/индикатор страны;

(1) — место страны среди стран, проранжированных по данному индикатору;

(n/a) — недостаточно данных для оценки составления индикатора.

Источник: разработка авторов на основе данных, представленных в ГИИ-2023.

Рассматривая двух лидеров, Швейцарию и Сингапур, можно обнаружить у них общие сильные стороны — это индикаторы политической и деловой среды. Обе страны разрабатывают проекты с помощью GitHub и имеют большой процент высокотехнологичного производства. У Сингапура есть ряд преимуществ: развитая нормативная база, качество высшего образования, хорошее инвестирование проектов, занятость большого количества работников в наукоемких профессиях. Швейцария имеет выделяющие ее сильные показатели: создание знаний и технологий, оплата интеллектуальной собственности агентами и развитую сеть агентов, сложное производство и экспорт высокотехнологичных товаров, затраты на программное обеспечение. Китай занимает первое место по регистрации товарных знаков и промышленных образцов, количеству обучающих компаний и импорту высоких технологий, расходам на НИОКР. К сильной стороне страны также относится рост производительности труда и диверсификации предприятий. Китай имеет большой масштаб внутреннего рынка из оценки паритета покупательной способности. Из сильных сторон Великобритании можно выделить ориентированность на человеческий капитал и исследования, большой процент цитируемости, наличие ведущих университетов. Великобритания входит в топ-3 стран, привлекающих финансирование и инвестиции в разработки и исследования, обширно использующих и развивающих сектор ИКТ, продвигающих правительственный онлайн-сервис. Она также отлично показывает себя в творческой реализации инновационных проектов: создании креативных товаров и услуг, использовании нематериальных активов.

Особенности инновационных систем анализируемых стран рассмотрены ниже.

Швейцария занимает первые места по исследовательской коллаборации университетов и промышленности, по объему создаваемых знаний, поданных патентных заявок, также высоко- и среднетехнологичных изобретений [3]. Университеты страны также входят в топ-10 по рейтингу университетов, составленному Quacquarelli Symonds.

Высокая эффективность инновационной системы Швейцарии достигается за счет совместных разработок исследователей из инновационных компаний и университетов над новыми востребованными на рынке продуктами и услугами [4]. Страна формирует систему, нацеленную на коммерциализацию инноваций. Инновационная система Швейцарии — совместная инициатива государственных учреждений, академических кругов и частного сектора с законодательным мандатом федерального правительства (запущена в 2016 г.). В 2016 г. открыта Swiss Innovation, которая представляет собой сеть взаимодействующих технопарков, финансируемую за счет швейцарского инновационного фонда, в который входят более 38 субъектов (профессора и доктора наук, члены правительства) [5]. Основные направления инновационных разработок в стране:

– науки о здоровье и жизнедеятельности — открытие и разработка лекарств, прецизионная и персонализированная медицина, медицинские технологии, биотехнологии, диагностика, биомедицинская инженерия, питание, физиология человека;

- информатика и вычислительная техника — безопасность данных (например, блокчейн), аналитика данных, искусственный интеллект, технологии хранения данных, интернет вещей (IoT), интеллектуальные датчики, облачные вычисления, биоинформатика;
- энергетика, природные ресурсы и окружающая среда — накопление энергии, интеллектуальные сети, выработка электроэнергии, интеллектуальное строительство и проживание, энергоэффективность, ресурсосбережение, зеленая химия, альтернативные источники энергии;
- производство и материалы — робототехника, автоматизация, Индустрия 4.0, передовое производство, ускорительные технологии, неразрушающий контроль, новые материалы, нанотехнологии, микроэлектроника;
- мобильность и транспортировка — авиация и космос, автономное вождение, авионика и беспилотные летательные аппараты, электромобили и аккумуляторы, планирование дорожного движения и транспортные системы, инфраструктура мобильности.

На рис. 2 представлена Упрощенная модель швейцарской децентрализованной инновационной системы.

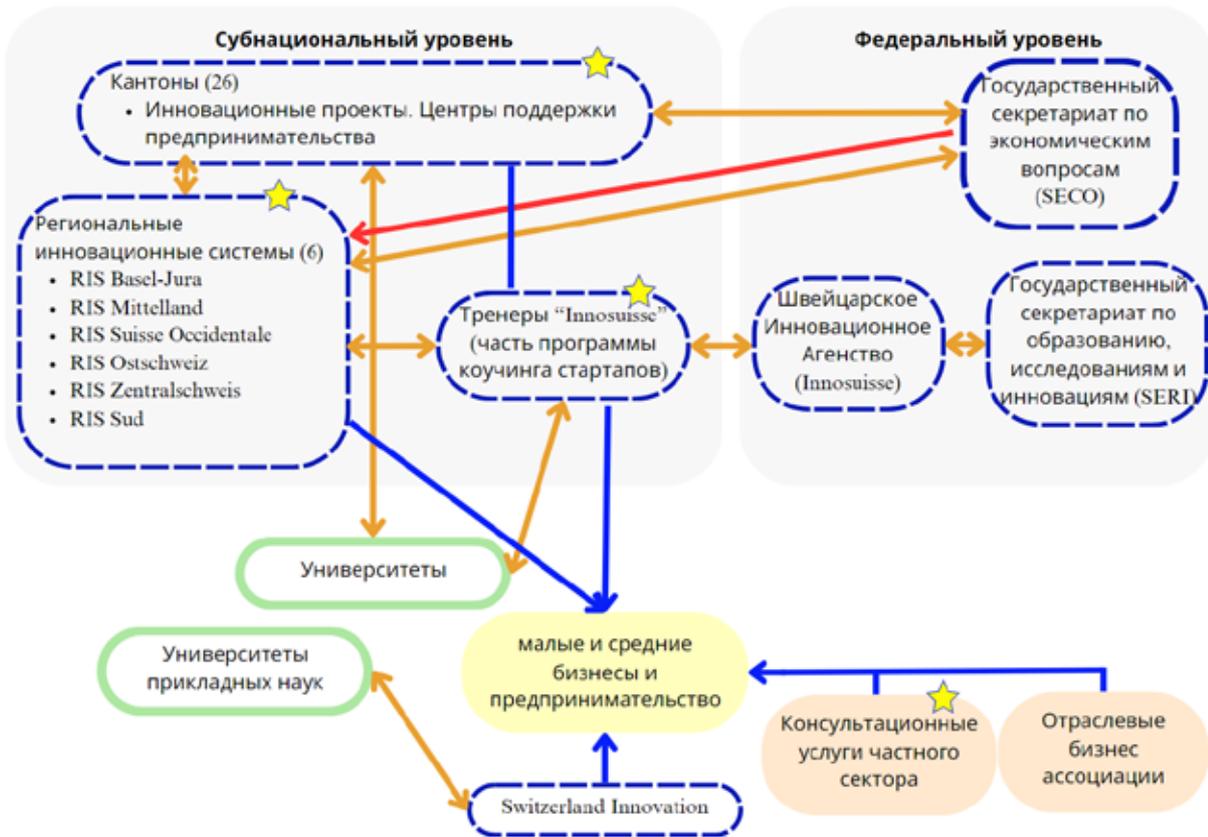


Рис. 2. Упрощенное представление швейцарской децентрализованной инновационной системы

Источник: составлено авторами на основе OECD (2022), Enhancing Innovation in Rural Regions of Switzerland [6].

На рис. 2 оранжевые стрелки обозначают поток информации, синие — предоставленную услугу; красные стрелки описывают базовые регулировки и регламенты. Желтый сектор — это целевые группы (малые и средние предприятия и предприниматели), синие сектора — государственные субъекты и учреждения; зеленые сектора обозначают государственные образовательные и исследовательские организации, звездочки — консультационные услуги или компоненты.

Важную роль в развитии инноваций в Швейцарии играют стартапы. Система стартапов — сеть взаимосвязанных участников из разных дисциплин и секторов, взаимодействующих в целях стимулирования создания и развития инноваций, часто работающих в среде определенного региона, а также участников рынка, предоставляющих стартапам различные услуги и ресурсы для поддержки их развития [7]. Стартапы имеют доступ к инновационной инфраструктуре ведущих университетов. В Швейцарии функционирует значительное количество инкубаторов и акселераторов, привлекающих в том числе и зарубежные проекты. Ежегодно в стране запускается более 40 000 стартапов.

В Швейцарии функционирует простой и эффективный механизм рассмотрения заявок на защиту интеллектуальной собственности, который обеспечивает возможность получения Швейцарского, Европейского или Международного патента. Кроме того, предоставляются привилегии для компаний в виде упрощенной налоговой системы для доходов от лицензий и возможности избежать двойного налогообложения по иностранным лицензиям. Это способствует стимулированию инноваций и развитию интеллектуальной собственности в Швейцарии, делая ее привлекательным местом для предпринимательства и интеллектуальной деятельности. В Годовом отчете 2022 г. Европейского патентного ведомства указано, что в Швейцарии зарегистрировано 7789 патентов. Это на 5,9 % больше, чем в 2021 г. Она остается страной с самым большим количеством патентных заявок на душу населения в мире. Самые активные области патентования — медицинская техника, фармацевтика и биотехнология [8].

Швейцария имеет качественное образование, которое поддерживает проведение фундаментальных исследований высокого уровня. Среди престижных университетов можно выделить Швейцарскую высшую техническую школу Цюриха, Федеральную политехническую школу Лозанны, Цюрихский университет и др. Образовательная система страны способствует формированию высококвалифицированных технических специалистов, а публикации ученых являются одними из самых цитируемых в мировой науке.

Высокий уровень обмена знаниями и технологиями между университетами и предприятиями в Швейцарии обеспечивается государственной поддержкой научных исследований и разработок, а также развитым публично-частным партнерством, способствующим сотрудничеству между государством и частными компаниями в интересах потребителей.

Швейцария состоит из 26 кантонов, которые являются основными государственно-административными единицами страны. Практически каждый из них специализируется в определенной области и представляет собой крупный кластер (региональная инновационная экосистемная модель). Соревнование между кантонами за наиболее привлекательные проекты является обычным, конкуренция повышает уровень качества реализации инноваций.

Исследования сосредоточены в основном на таких сферах, как биологические науки (26 %), клиническая медицина (24 %), физические, химические науки и науки о Земле (23 %). Около 40 % экспорта страны приходится на биологические технологии и фармацевтику. Страна имеет самую высокую концентрацию медицинских компаний в Европе, привлекающих таланты и капитал со всего мира. Она занимает второе место после США по расходам на здравоохранение на душу населения, что делает ее привлекательным рынком для производителей медицинских технологий и оборудования.

Что касается финтех-индустрии Швейцарии, то о ее масштабах можно судить по тому, что в этой стране сосредоточено 10 % всего европейского финтех-бизнеса, причем в основном в Цюрихе. Из более чем 220 финтех-компаний в Швейцарии более 100 работают в индустрии криптографии и блокчейна [9].

Сингапур. Согласно ГИИ, ведомство интеллектуальной собственности Сингапура (IPOS) получило высокие оценки за свои нестандартные инструменты и услуги, такие как платформа для поиска и анализа торговых марок IPOS Go, система для управления портфелем торговых марок IP2SG, центр для разрешения споров по торговым маркам WIPO Arbitration and Mediation Center и др. IPOS также отмечено за свое сотрудничество с другими ведомствами и организациями в области интеллектуальной собственности. Кроме того, в Сингапуре создана система ускоренной подачи патентных заявок, связанных с финансовыми технологиями. Патентное ведомство Сингапура занимается активной подготовкой специалистов в области интеллектуальной собственности и реализует собственные магистерские программы подготовки [10]. За 2022 г. в Международное патентное ведомство страна подала 1036 заявок.

Высшее образование Сингапура пользуется популярностью по всему миру. Всего на территории страны действуют 34 университета [11]. Многие вузы тесно сотрудничают с учебными заведениями Европы, США и Австралии.

В Сингапуре присутствует значительное количество инкубаторов и акселераторов, специализирующихся на финансовых инновациях. Некоторые из наиболее известных включают акселераторы StartupbootcampFintec, InspirAsia, SingaporeFintechBay, INV Fintech, FinLab, а также инкубатор PayPal и др.

Правительство Сингапура предоставляет налоговые льготы компаниям, которые способствуют экономическому развитию страны. Некоторым компаниям и инвесторам дается 10-тилетнее освобождение от налогов [12].

В настоящее время регион отличается стабильным политическим климатом, доступом к иностранным инвестициям, удобством ведения бизнеса и развитой финансовой и технической инфраструктурой. Схема инновационной системы Сингапура (по версии ВОИС) представлена на рис. 3–4.



Рис. 3. Модель инновационной системы Сингапура [13]

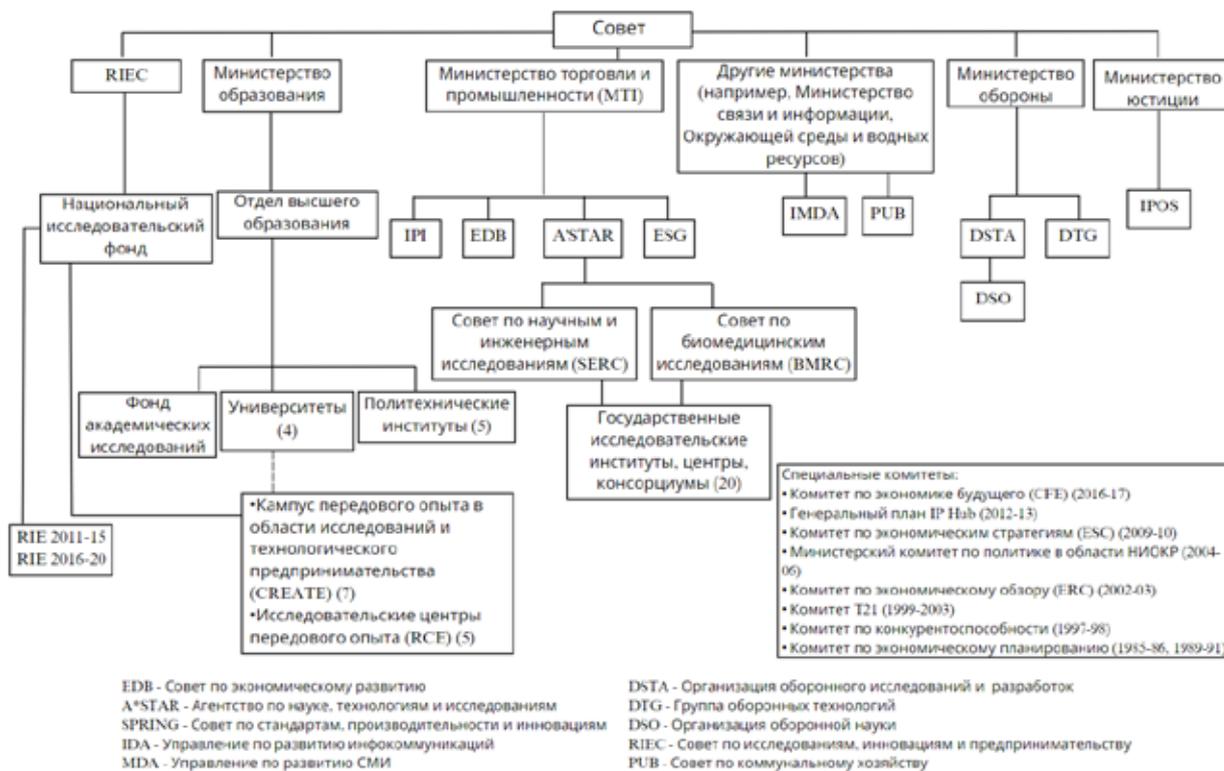


Рис. 4. Институциональная структура политики Сингапура в области инноваций и предпринимательства по состоянию на начало 2021 г. [13]

Великобритания занимает лидирующие позиции в числе стран, развивающих инновации, относится к государствам с отлаженным механизмом НИОКР, высоким уровнем жизни населения, значительной занятостью в инновационной сфере и развитым экспортом высокотехнологичных услуг и входит в пятерку ведущих цифровых правительств мира (группа D5) по обзору электронного правительства Организации Объединенных Наций [13]. Правительство инвестирует в развитие британской системы кластеров, акселераторов и технопарков. Крупные компании из традиционных секторов экономики перешли на инновационный путь развития и рассматривают стартапы как ориентир для стратегического развития.

Страна входит в число ведущих исследовательских стран мира. Государство в качестве поощрений инновационного развития предоставляет облегченное налогообложение для наукоемких компаний, софинансирование и возмещение затрат по НИОКР малым и средним предприятиям, облегчает финансирование ранних стадий развития компаний.

Британская инновационная система имеет большие преимущества, обладая ведущей в мире научно-инновационной базой для привлечения и удержания исследователей и новаторов как в академических кругах, так и в бизнесе, поддерживает университеты, междисциплинарные команды для проведения исследования и инноваций, содействует их профессиональному росту [15]. Население Великобритании составляет меньше 1,0 % населения мира, но на долю страны приходится 2,5 % мировых расходов на исследования и развитие. Она производит 14,7 % наиболее цитируемых в мире исследовательских работ [16, 17]. Инновационная система страны базируется в Лондоне, Оксфорде, Кембридже, Манчестере, Бристоле, Шеффилде, Эдинбурге и Северной Ирландии. В Лондоне располагаются акселераторы и инновационные центры, такие как TechStars, Seedcamp, Level39 (InnovateFinance), Startupbootcamp, Collider и Wayra.

Наряду с рынками частного капитала, в Соединенном Королевстве проводится множество государственных мероприятий, направленных на укрепление системы финансирования инноваций, при этом ключевую роль играют Innovate UK и Британский бизнес-банк [18]. Схема агентов инновационной экосистемы Великобритании приведена на рис. 5.



Рис. 5. Модель инновационной системы Великобритании [18]

Китай занимает 12-ю позицию в рейтинге ГИИ-2023, является второй по величине экономикой в мире [19], которая тратит более 2,4 % ВВП на исследования и разработки (выше среднего показателя по Европейскому союзу), и имеет крупнейшую в мире образовательную систему, выпускающую пять миллионов специалистов инженерно-технического направления STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) в год. Китай значительно улучшил показатели ВВП за последние 40 лет благодаря преобразованию менеджмента из государственной централизованной системы управления проектами НИОКР в систему координации развития науки и технологий на макроуровне [20].

Инновационная система Китая характеризуется сильной позицией местных органов власти и государственных научно-исследовательских институтов. Государственный совет имеет окончательные полномочия по принятию решений по структурной организации исследовательской системы и руководящих принципов исследовательской политики.

В Китае, согласно статистическим данным за 2022 г., развиваются более 170 парков высоких технологий и 24 научно-технических кластера [21]. Три из пяти крупнейших научно-технических кластеров Восточной Азии расположены в Китае. На эти парки и зоны, занимающие менее 1 % территории Китая, приходится почти 40 % инвестиций в НИОКР всех предприятий страны и 84 % государственного финансирования на развитие государственных ключевых лабораторий.

Схема организации модели национальной инновационной системы Китая представлена на рис. 6.

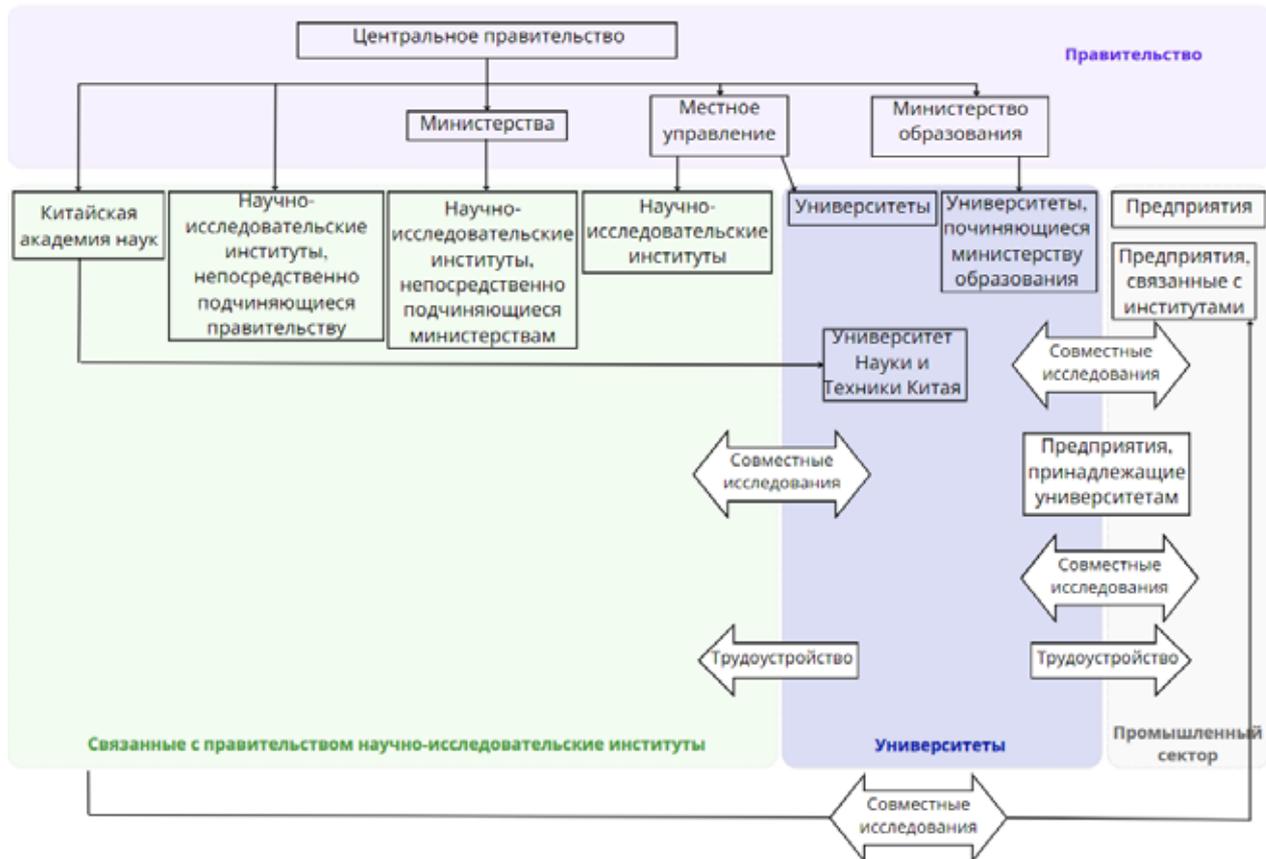


Рис. 6. Структура национальной инновационной системы Китая [22]

Основными факторами интенсивного инновационного развития Китая, по версии Всемирного экономического форума [23], стали:

- ориентация страны на исследования и реформы в образовании;
- рыночная ориентация технологических разработок (технологии изначально создаются в целях их коммерциализации);
- большое внимание к защите интеллектуальной собственности;
- разработка государственной политики, стимулирующей инновационную деятельность.

Стоит упомянуть о специальном административном районе Китая — Гонконге, который является одним из ведущих финансовых центров Азии. В последние годы экосистема Гонконга набирает обороты благодаря увеличению инвестиций в необходимую инфраструктуру и поддержку финансирования. Гонконг даже выносится в рейтинги ГИИ отдельной позицией и занимает 17-е место по версии ГИИ-2023.

Результаты функционирования инновационных систем стран — лидеров инновационного развития и Республики Беларусь приведены в табл. 3.

Сравнительный анализ показателей инновационных систем отдельных стран

Показатель	Швейцария	Сингапур	Великобритания	Китай	Республика Беларусь
Население, млн человек	8,7	6,0	67,5	1425,9	9,5
ВВП (ППС), млрд долл. США	737,8	701,0	3776,0	30 074,4	202,0
Ресурсы на НИОКР, % к ВВП	3,2	2,2	2,9	2,4	0,5
Число исследователей на 1 млн человек	5562,4	7488,4	4683,8	1584,9	1417,7
Вложения глобальных корпоративных инвесторов в НИОКР, млн долл. США	89,0	60,2	84,6	92,9	–
Расходы на образование, % к ВВП	5,1	2,5	5,2	3,5	4,7
Коэффициент сотрудничества между университетами и промышленностью в области НИОКР	99,4	85,5	82,0	86,8	–
Количество выданных патентов на 1 млрд долл. США ВВП	14,4	3,2	5,1	52,4	1,8
Научные и научно-технические статьи на 1 млрд долл. ВВП по ППС	43,3	21,0	32,0	21,9	5,8
Количество выданных патентов на 1 млн человек	1035	139	174	560	118
Научные и научно-технические статьи на 1 млн человек	3672	2454	1790	462	123
Привлеченные инвестиции в страну, млрд долл. США к ВВП, % (данные за 2021 г.)	3,43	41,77	1,43	1,05	9,60
<i>Структура финансирования научных исследований и разработок</i>					
государственное финансирование, %	26,81	25,96	15,94	38,51	48,42
частное финансирование, %	65,91	74,04	57,46	40,70	41,17
прочее финансирование (иностранные инвестиции и венчурный капитал), %	7,28	–	26,60	20,79	10,41

Примечание: составлено авторами по данным Global Innovation Index 2023, wipo.int, belstat.gov.by, ons.gov.uk, s-ge.com, statista.com, china.org.cn, ncip.by, singstat.gov, beta.data.gov.sg, eda.admin.ch.

Опыт стран — лидеров инновационного развития показал, что основными тенденциями стимулирования инноваций являются:

1. Формирование государственной стратегии в области инновационного развития, специализация на научных направлениях, создающих стратегическое ядро эволюции страны, сосредоточение научно-технологических кластеров для реализации стратегических целей.
2. Величина финансирования научных разработок. Инвестиции в НИОКР являются важным показателем инновационного потенциала и эффективности страны и отражают объем ресурсов, выделяемых на генерирование новых знаний, технологий и продуктов, которые могут создать ценность и конкурентное преимущество. Они также сигнализируют о приверженности и готовности различных агентов (таких как правительства, предприятия, университеты и исследовательские центры) сотрудничать и делиться своим опытом и возможностями в целях стимулирования инноваций.
3. Распределение финансирования НИОКР между государством и коммерческими структурами. Большая доля частного финансирования научных разработок стимулирует их коммерческую направленность, скорость и эффективность внедрения.
4. Тесное взаимодействие между корпорациями, научно-исследовательскими учреждениями и университетами позволяет создать творческую научно-исследовательскую среду, привлечь, адаптировать и удержать специалистов в определенной отрасли или на предприятии.
5. Совершенствование правового поля для более эффективной защиты и быстрой регистрации прав интеллектуальной и промышленной собственности.
6. Предоставление налоговых льгот на финансирование НИОКР.
7. Введение системы хеджирования инновационных рисков, например принятия пакета инновационных проектов.

8. Создание институциональной среды и благоприятного экономического климата для привлечения зарубежных инвестиций, развития международных научно-исследовательских проектов. Предложенные рекомендации отражены на рис. 7.

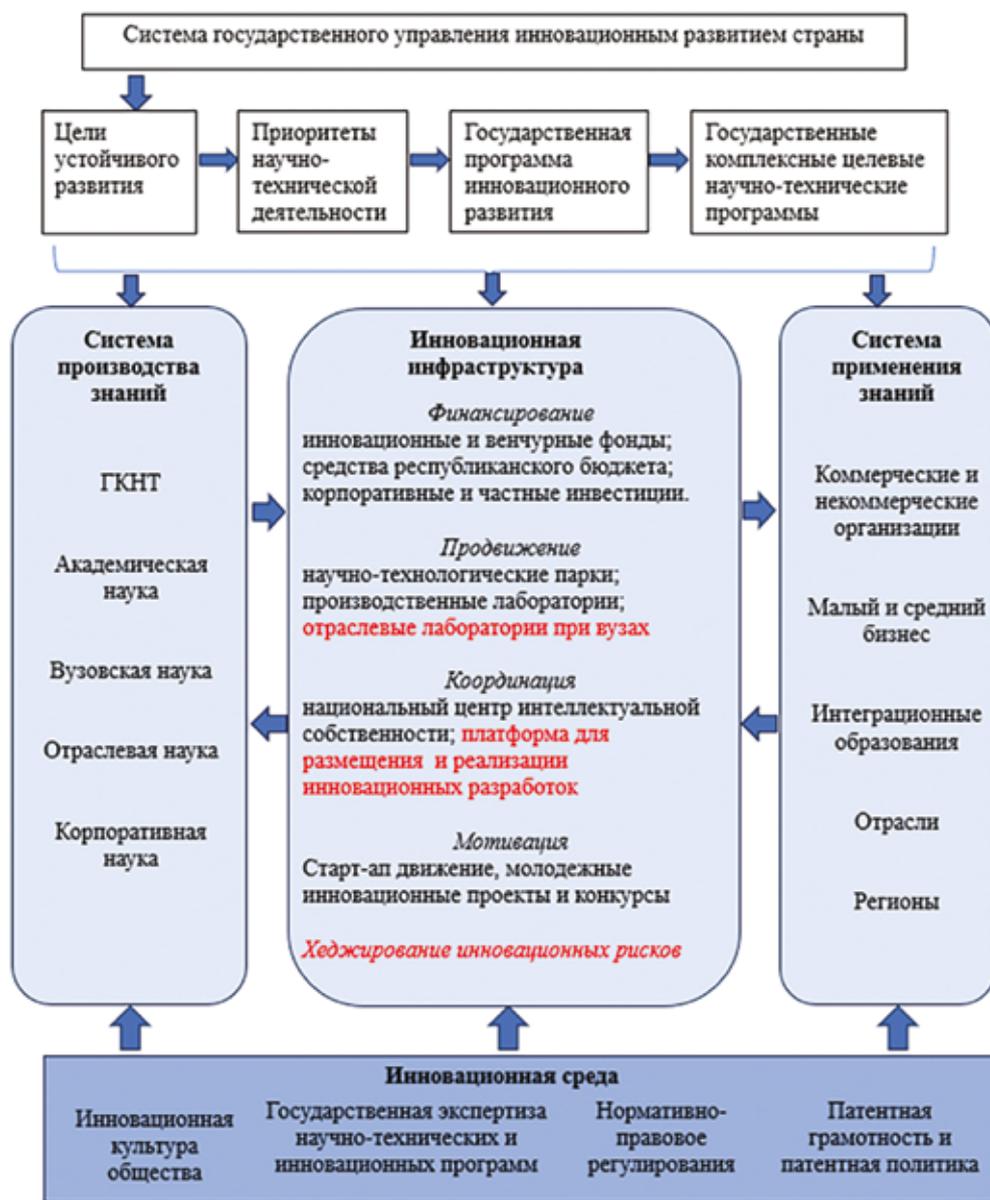


Рис. 7. Предлагаемая структура национальной инновационной системы Беларуси

Однозначного индикатора, определяющего эффективный процент расходов на НИОКР от ВВП, не существует, так как развитие стран зависит от различных факторов, например созданных институциональных условий, стадии развития экономической и национальной инновационной систем, размера экономики, развития человеческого капитала, наличия прочих ресурсов. По данным Института статистики ЮНЕСКО, в 2020 г. среднемировой процент расходов на НИОКР от ВВП составил 1,8 %. Организация Объединенных Наций рекомендовала развивающимся странам выделять не менее 1,0 % ВВП на расходы на НИОКР в рамках своих целей в области устойчивого развития на 2030 г. Как видно из данных табл. 3, Республика Беларусь не выполняет условную норму в 1,0 %, что может ограничить ее инновационный потенциал и эффективность работы, а также повлиять на ее долгосрочный экономический рост и социальное благосостояние. Следовательно, для сокращения разрыва в экономическом развитии необходимо увеличить финансирование научной сферы минимум в 2 раза. Кроме государственного сектора, в рассмотренных выше странах большая часть НИОКР финансирует-

ся частным бизнесом и, что существенно, за счет глобальных корпоративных инвесторов, обладающих возможностью стимулирования, передачи и коммерциализации научных разработок. Приоритет государственных инвестиций в НИОКР в Беларуси говорит о том, что государственный сектор активно влияет на формирование направлений научно-исследовательской деятельности в соответствии с достижением стратегических целей развития страны. Однако общие объемы финансирования и структура частных инвестиций в НИОКР свидетельствует о низкой мотивации частных инвесторов. Однако именно они могут быстро реагировать на потребности рынка в НИОКР и достигают наибольшей отдачи от коммерциализации разработок.

Расходы на образование в Республике Беларусь выше среднемирового уровня, однако данных о сотрудничестве между университетами и корпоративными клиентами в международных отчетах по нашей стране нет. В целях взаимодействия между университетами и предприятиями создаются технопарки, научно-производственные кластеры, филиалы кафедр на предприятиях, но таких мер недостаточно. Необходимо расширять научно-производственное взаимодействие путем создания совместных лабораторий на базе университетов, финансируемых предприятиями и выполняющих исследования по заказам производства. Целесообразно ввести налоговые льготы на финансирование таких разработок. Кроме того, создание лабораторий позволит сформировать конкурентную среду среди наиболее активных студентов, предприятиям и университетам — готовить и секционировать кадры, что также поднимет показатель количества исследователей на 1 млн человек.

Количество выданных патентов на 1 млрд ВВП также существенно меньше, чем в странах-лидерах, за исключением Сингапура с показателем, равным в 3,2 патента на 1 млрд ВВП. Это является следствием, во-первых, недостаточного взаимодействия университетов и предприятий, во-вторых, зависит от проводимой патентной культуры и политики использования интеллектуальной собственности рыночными субъектами. Количество научных и научно-технических публикаций в расчете на млрд долл. ВВП и на 1 млн человек населения страны свидетельствует о низкой мотивации и активности научных сотрудников.

Регулирование вопросов создания интеллектуальной собственности в инновационной системе должно учитывать баланс между защитой прав авторов и изобретателей и обеспечением доступа к информации и знаниям для всех участников системы. Кроме того, регулирование интеллектуальной собственности должно адаптироваться к изменениям в цифровой среде, где возникают новые формы создания и использования интеллектуальных продуктов.

В заключение следует отметить, что инновационные системы зависят от ряда факторов, которые могут как стимулировать развитие инноваций, так и препятствовать их успеху. Эти факторы включают выбранную модель инновационной системы, особенности финансирования, сотрудничества, разнообразия, регулятивные барьеры, условия создания и защиты интеллектуальной собственности и удержание талантов, геополитические конфликты, развитость нормативно-правовой базы, коммуникацию в пределах системы, инструменты коммуникации.

Используемые источники информации:

1. ГИИ 2023 at a glance // WIPO. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-section1-en-ГИИ-2023-at-a-glance-global-innovation-index-2023.pdf>. — Дата доступа: 28.10.2023.
2. Belarus ranking in the Global Innovation Index 2023 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023/by.pdf>. — Дата доступа: 28.10.2023.
3. About us / Switzerland Innovation // Switzerland Innovation Website. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.switzerland-innovation.com/about-us>. — Дата доступа: 25.10.2023.
4. Innovation Ecosystems in Switzerland and Japan / Japan External Trade Organization (JETRO) // JETRO Website. — 2021. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/02/2021/1354ae9e9b5755ff/en_202106.pdf. — Дата доступа: 22.10.2023.
5. Statistics / European Patent Office // EPO Website. — 2022. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.epo.org/about-us/annual-reports-statistics/statistics/2022.html>. — Дата доступа: 22.10.2023.
6. OECD (2022), Enhancing Innovation in Rural Regions of Switzerland, OECD Rural Studies, OECD Publishing, Paris [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://doi.org/10.1787/307886ff-en>. — Дата доступа: 22.10.2023.
7. Регистрация компаний в Швейцарии: инновации и технологии / InternationalWealth // InternationalWealth Website. — 2020. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://internationalwealth.info/offshore-business-abroad/registracija-kompanij-v-shvejcarii-innovacii-i-tehnologii>. — Дата доступа: 22.10.2023.
8. Circular No. 1/2022: Changes to the Patents Act and Patents Rules / Intellectual Property Office of Singapore // IPOS Website. — 2022. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ipos.gov.sg/docs/default-source/resources-library/patents/circulars/%282022%29-circular-no-1.pdf>. — Дата доступа: 22.10.2023.
9. How Many Universities Are There in Singapore? / Global Reach // Global Reach Website. — 2019. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://globalreach.bt/how-many-universities-are-there-in-singapore>. — Дата доступа: 22.10.2023.
10. KPMG in Singapore Transparency Report 2021 / KPMG // KPMG Website. — 2021. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kpmg.com/sg/en/home/about/2021-transparency-report-singapore.html>. — Дата доступа: 22.10.2023.
11. E-Government Development Index (EGDI) / United Nations Department of Economic and Social Affairs // UNDESA

- Website. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us>. — Дата доступа: 22.10.2023.
12. Инновационная система Великобритании / Андрей Шевченко // ResearchGate. — 2019. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/338262552_Innovacionnaa_sistema_Velikobritanii. — Дата доступа: 22.10.2023.
13. WIPO (2022). Global Innovation Hotspots: Singapore's innovation and entrepreneurship ecosystem. Geneva: World Intellectual Property Organization. P. 9.
14. Research and development expenditure / Office for National Statistics // ONS Website. — 2021. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ons.gov.uk/economy/governmentpublicsectorandtaxes/researchanddevelopmentexpenditure>. — Дата доступа: 22.10.2023.
15. Research and Development Tax Credits Statistics: September 2022 / HM Revenue & Customs // GOV.UK Website. — 2022. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.uk/government/statistics/research-and-development-tax-credits-statistics-september-2022/research-and-development-tax-credits-statistics-september-2022>. — Дата доступа: 22.10.2023.
16. UK Innovation Strategy: Leading the Future by Creating It / Department for Business, Energy & Industrial Strategy // GOV.UK Website. — 2021. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1009577/uk-innovation-strategy.pdf. — Дата доступа: 22.10.2023.
17. Largest economies worldwide based on gross domestic product (GDP) in current U.S dollars in 2022 / Statista // Statista Website. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/268173/countries-with-the-largest-gross-domestic-product-gdp>. — Дата доступа: 30.10.2023.
18. UK Innovation Strategy: Leading the Future by Creating It / Department for Business, Energy & Industrial Strategy // GOV.UK Website. — 2021 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1009577/uk-innovation-strategy.pdf. — Дата доступа: 30.10.2023.
19. Largest economies worldwide based on gross domestic product (GDP) in current U.S dollars in 2022 / Statista // Statista Website. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/268173/countries-with-the-largest-gross-domestic-product-gdp>. — Дата доступа: 30.10.2023.
20. The Global Competitiveness of Regions / World Economic Forum // WEF Website. — 2014. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessOfRegions_Report_2014.pdf. — Дата доступа: 22.10.2023.
21. High-tech zones lead innovative growth over past decade / China Daily // China Daily Website. — 2019. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.chinadaily.com.cn/a/201911/18/WS5dd1f6b9a310cf3e35577a0c.html>. — Дата доступа: 30.10.2023.
22. China's Innovation Ecosystem // World Economic Forum. — August. — 2019. — P. 5.
23. The Global Competitiveness of Regions / World Economic Forum // WEF Website. — 2014. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessOfRegions_Report_2014.pdf. — Дата доступа: 30.10.2023.
24. Индекс глобальной инновационности 2022: Швейцария возглавляет рейтинг, а Китай входит в десятку лидеров / WIPO Press Release No. PR/2022/876. — Geneva: WIPO, 2022 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.wipo.int/pressroom/ru/articles/2022/article_0011.html. — Дата доступа: 04.04.2023.
25. Venture Capital Trusts statistics: 2022 / HM Revenue & Customs // GOV.UK Website. — 2022. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gov.uk/government/statistics/venture-capital-trusts-statistics-2022/venture-capital-trusts-statistics-2022>. — Дата доступа: 30.10.2023.
26. List of countries by GDP (nominal) per capita / Wikipedia, the free encyclopedia // Wikipedia Website. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_\(nominal\)_per_capita](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(nominal)_per_capita). — Дата доступа: 22.10.2023.
27. The Global Competitiveness Report Special Edition 2020: How Countries are Performing on the Road to Recovery / World Economic Forum // WEF Website. — 2020. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020/in-full>. — Дата доступа: 28.10.2023.

УДК 656.078

СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

SCENARIO APPROACH TO SUBSTANTIATING THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FREIGHT RAIL TRANSPORTATION

А. А. Хорошевич,

начальник УП «Минское отделение Белорусской железной дороги», канд. экон. наук,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Khoroshevich,

Chief of the Unitary Enterprise “Minsk Department of the Belarusian Railway”, PhD in Economics,
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 04.12.2023.

В рамках исследования оценены возможные сценарии развития наблюдаемого геополитического кризиса в границах оценки направлений изменения санкционного режима и их влияния на функционирование отечественного железнодорожного транспорта. Отмечены преимущества сценарного подхода к обоснованию перспектив развития железнодорожного транспорта, определены основные аспекты функционирования железной дороги в рамках каждого сценарного варианта и сформулированы ключевые меры развития грузовых железнодорожных перевозок.

The study assessed possible scenarios for the development of the observed geopolitical crisis within the framework of assessing the directions of changes in the sanctions regime and their impact on the functioning of domestic railway transport. The advantages of the scenario approach to substantiating the prospects for the development of railway transport are noted, the main aspects of the functioning of the railway within the framework of each scenario option are determined, and key measures for the development of railway freight transportation are formulated.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, управление цепями поставок, сценарии развития, направления развития.

Key words: railway transport, supply chain management, development scenarios, development directions.

Введение. Мировые события последних лет в значительной степени повлияли на логистический рынок. В условиях расширения экономических санкций в отношении отечественных организаций транспортного комплекса, крупных организаций-экспортеров и производителей продукции, закрытия транспортного рынка отдельных стран и доступа к их транспортной инфраструктуре, а также наличия ограничений в видах и формах принятия платежей (возникновения ситуации невозможности получения оплаты за оказанные услуги от компаний-резидентов отдельных стран) изменился привычный ритм внешнеэкономической деятельности, в результате чего произошел разрыв ряда логистических цепочек между производителями товаров/сырья и покупателями. Разрушение цепочек поставок, нарабатываемых годами, напрямую повлияло на организацию железнодорожных перевозок. Основные изменения логистических схем доставок произошли в области экспортно-импортных операций между странами Восточного региона, Таможенного союза и странами Европейского союза, Скандинавии, Америки, а также некоторыми другими государствами. Одновременно произошла трансформация финансовых потоков и усложнение цепочек, формируемых для получения оплаты за оказанные услуги.

Наблюдаемая нестабильность поставок и проблемы в расчетах производителей с контрагентами существенно повысили рисковую составляющую функционирования национального железнодорожного транспорта. Сложившаяся ситуация, характеризующаяся наличием значительного количества рисков факторов, повысила актуальность рассмотрения перспектив развития железной дороги в границах нескольких сценариев развития. С учетом отмеченной основной целью исследования стало определение ключевых мер развития грузовых железнодорожных перевозок в Республике Беларусь в разрезе нескольких наиболее вероятных сценариев течения геополитического кризиса.

Сценарии развития наблюдаемого геополитического кризиса. Применение сценарного подхода к обоснованию перспектив развития грузовых железнодорожных перевозок требует первоначального отражения его сущности и преимуществ. Так, в классическом понимании сценарный подход представляет собой способ анализа

проблемы, при котором рассматриваются различные варианты развития событий в будущем [1, с. 161]. Применение сценарного подхода позволяет принимать более обоснованные и сознанные решения, учитывая возможные последствия и вероятность их наступления даже когда события определяются бесконечно сложным набором факторов. Ключевым преимуществом использования такого подхода выступает возможность определения различного набора направлений развития или различного перечня корректирующих действий в зависимости от ситуации и факторов влияния.

Таким образом, использование сценарного подхода на первом его этапе предусматривает исследование возможных сценариев развития. В данном контексте наиболее рациональным является анализ имеющихся исследований ученых и экономистов, специализирующихся на прогнозировании развития мирового рынка и национальных экономик. Наиболее значимые исследования в рассматриваемой области отражены ниже.

Так, специалисты Евразийского банка развития в опубликованном макроэкономическом прогнозе отмечают, что экономика Беларуси продемонстрирует высокую степень устойчивости к неблагоприятным внешнеэкономическим условиям в среднесрочной перспективе, что позволит обеспечить в 2023–2024 гг. рост ВВП. Рост потенциального ВВП оценивается ими сравнительно низким из-за введенных санкций, ограниченной возможности расширения рынков сбыта и импорта технологий, а также сокращения ИТ-сектора [2, с. 22]. Одновременно специалисты отмечают, что возможна и более глубокая рецессия, предполагающая ухудшение экономической ситуации с более значительными потерями экспортной выручки из-за сокращения спроса на рынках третьих стран и снижения мировых цен. Глубина ухудшений в условиях сокращения внешнеэкономических связей с третьими странами будет во многом определяться тем, насколько от реализации этого сценария пострадает экономика Российской Федерации [2, с. 23–24].

Специалисты Института исследований и экспертизы, созданного в рамках структуры государственной корпорации развития ВЭБ РФ, в представленном исследовании, отражающем текущую ситуацию и прогноз развития экономики Республики Беларусь на 2024 г., в качестве наиболее вероятного сценария развития отмечают продолжение мирового геополитического кризиса и санкционного режима. Исследователями спрогнозировано сохранение санкций западных стран против Республики Беларусь и Российской Федерации в среднесрочном периоде и усиление действия вторичных санкций, а также возможное ограничение экспортных поставок [3]. Центральный банк Российской Федерации также ожидает сохранения санкций в базовом сценарии развития экономики на 2024 г. и 2025–2027 гг. с наличием ограничений на российский экспорт, импорт, инвестиционное и технологическое сотрудничество, которые также негативно скажутся на внешнеэкономической деятельности Республики Беларусь [4].

Аналитики Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР) в своем докладе более позитивно оценивают перспективы роста ВВП Беларуси. В документе *Regional economic prospects* эксперты ЕБРР отметили, что после существенного сокращения инвестиций и чистого экспорта ввиду постепенно приспособления экономики страны к ограничительной внешней среде в 2024 г. прогнозируется ее умеренное восстановление с ростом на 1,3 % [5, с. 33]. Однако они также отмечают сохраняющиеся серьезные проблемы и высокий уровень неопределенности в отечественной экономике.

Таким образом, отечественные и зарубежные исследователи и экономисты предусматривают наступление различных по направленности сценариев развития наблюдаемого геополитического кризиса. С учетом отмеченного на втором этапе реализации сценарного подхода, обосновывающего наиболее вероятные сценарии, можно предусмотреть четыре основных сценария развития, характеристика которых представлена в табл. 1. Дополнительно в рамках таблицы указаны ключевые возможности и угрозы функционирования отечественного железнодорожного транспорта, формируемые в границах каждого из сценариев.

Таблица 1

Основные сценарии развития и формируемые ими возможности и угрозы для функционирования железнодорожного транспорта (грузовые перевозки)

Характеристика	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
Краткая характеристика сценария	Сохранение санкционного давления при полном отсутствии положительных изменений	Сохранение санкционного давления при незначительном ослаблении ограничений по отдельным направлениям	Усиление санкционного давления с практически полным разрывом имеющихся связей	Ослабление санкционного давления и улучшение условий сотрудничества

Характеристика	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
Угрозы в рамках функционирования железнодорожного транспорта	Сокращение темпов роста объемов перевозки грузов ввиду ограниченного объема резервных направлений	Расходование средств на восстановление связей в размере, превышающем размер потенциального эффекта	Сокращение объемов перевозки грузов. Существенное ограничение географии поставок	Существенное расходование временных и финансовых ресурсов. Построение новых связей на менее выгодных условиях
Возможности в рамках функционирования железнодорожного транспорта	Организация тесного сотрудничества со странами ЕАЭС и иными дружественными странами. Расширение географии перевозок	Незначительный рост объемов перевозок за счет восстановления утраченных связей. Расширение географии перевозок	Расширение сотрудничества со странами ЕАЭС. Возможность развития новых направлений перевозок и поиска новых торговых партнеров	Рост объемов перевозок за счет восстановления утраченных связей. Формирование новых более гибких цепочек поставок

Источник: собственная разработка автора.

В целом сложившаяся в настоящее время геополитическая ситуация предусматривает наступление одного из следующих наиболее вероятных сценариев: 1) сценария, предусматривающего сохранение санкционного давления при полном отсутствии положительных изменений; 2) сценария, предусматривающего сохранение санкционного давления при незначительном ослаблении ограничений по отдельным направлениям; 3) сценария, предусматривающего усиление санкционного давления с практически полным разрывом имеющихся связей; 4) сценария, предусматривающего ослабление санкционного давления и улучшение условий сотрудничества. Каждый из данных сценариев несет в себе конкретные возможности и угрозы, грамотное управление (реализацию возможностей и исключение угроз), которыми предусматривается необходимость проработки мер развития грузовых железнодорожных перевозок.

Основы организации грузовых железнодорожных перевозок в рамках сценариев. Третий этап реализации сценарного подхода предусматривает формирование мер развития, соответствующих выделенным сценариям. Наличие нескольких ключевых сценариев развития при этом обуславливает необходимость соответствующего отдельного перечня мер развития грузовых железнодорожных перевозок по каждому из них.

Так, при наступлении первого сценарного варианта и сохранении санкционного давления и всех введенных ранее ограничений основу развития национального железнодорожного транспорта составят направления, стимулирующие тесное взаимодействие в рамках стран Таможенного союза и ЕАЭС и обеспечивающие минимизацию последствий применяемых санкций. Фактически развитие железной дороги будет осуществляться в границах установленных в настоящее время приоритетов с постепенным восстановлением объемов оказания услуг. Основу направлений развития при этом составят меры, обеспечивающие сокращение времени перевозки при дальнейшем использовании варианта погрузки в страны «дальней дуги» (в т. ч. Азербайджан, Иран, Ирак, ОАЭ, Индию, Турцию), а также нацеленные на открытие новых направлений следования составов с развитием двусторонних отношений с операторами дружественных стран и рост объемов перевозок грузов в Китае в составе контейнерных поездов. При поставке экспортно-импортной продукции будут задействоваться порты Российской Федерации.

В рамках второго сценарного варианта при сохранении санкционного давления и одновременном незначительном ослаблении введенных ранее ограничений (в т. ч. в границах отдельных направлений следования или отдельных номенклатурных групп грузов) фактически будут реализовываться меры, предусмотренные первым сценарием, с одновременным рассмотрением возможности восстановления утраченных связей. Объем восстанавливаемого сотрудничества будет определяться характером введенных послаблений, при этом осуществление мер развития будет предусматривать наиболее полную реализацию появившихся возможностей.

При усилении санкционного давления в соответствии с третьим сценарным вариантом в рамках работы национального железнодорожного транспорта будет наблюдаться более активное и агрессивное развитие восточного направления с минимальным поддержанием связей с недружественными странами. В данном контексте характер и направленность мер по развитию грузовых железнодорожных перевозок во многом будут определяться степенью жесткости введенных санкций и сферами, которые они затронут. Основу данных мер при

любом варианте развития событий составят: активизация сотрудничества с дружественными странами и развитие альтернативных направлений, в т. ч. в тесной взаимосвязи с поиском новых торговых партнеров в целом. Негативное влияние усиленного санкционного давления на объем перевозок и финансовые показатели будет также минимизироваться за счет реализации мер, обеспечивающих сокращение расходной части (цифровая трансформация железной дороги, электрификация железнодорожной инфраструктуры, оптимизация выстраиваемых цепочек поставок).

При наступлении четвертого сценарного варианта и ослаблении санкционного давления национальным железнодорожным транспортом будет реализовываться политика, направленная на восстановление утраченных связей и разрушенных цепочек поставок, при этом акцент будет сделан на формировании новых цепочек таким образом, чтобы сохранялась возможность максимально быстрого перехода на альтернативные варианты при минимальном уровне потерь. В данном контексте в границах перевозки грузов будут применяться ранее используемые маршруты поставок, способы оплаты и условия сотрудничества. Одновременно в обязательном порядке будет обеспечиваться адаптивность и гибкость вновь выстраиваемых цепочек поставок.

Систематизированная характеристика основ развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь в рамках имеющихся сценариев с указанием степени влияния каждого варианта на устойчивость его функционирования представлена в табл. 2. Так, наиболее высокое влияние на работу Белорусской железной дороги, как наглядно видно, окажет усиление санкционного давления, так как иные сценарии развития фактически уже проработаны. Важно подчеркнуть, что в рамках любого из отмеченных вариантов будет обеспечено стабильное функционирование отечественного железнодорожного транспорта за счет использования имеющихся преимуществ и открываемых возможностей.

Таблица 2

Характеристика основ развития грузового железнодорожного транспорта Республики Беларусь в рамках имеющихся сценариев

Сценарий развития	Степень влияния на устойчивость функционирования железнодорожного транспорта	Основа реализации сценарного варианта	Ключевые меры развития грузовых железнодорожных перевозок
Сценарий 1. Сохранение санкционного давления при полном отсутствии положительных изменений	Средняя	Тесное взаимодействие в границах стран Таможенного союза и ЕАЭС	Проработка мер по сокращению времени перевозки при дальнейшем использовании варианта погрузки в страны «дальней дуги». Разработка новых направлений следования составов с развитием двусторонних отношений с операторами дружественных стран. Реализация мер, обеспечивающих рост объемов перевозок грузов в Китай в составе контейнерных поездов
Сценарий 2. Сохранение санкционного давления при незначительном ослаблении ограничений по отдельным направлениям	Средняя	Продолжающееся взаимодействие со странами ЕАЭС с одновременным восстановлением разрушенных цепочек поставок	Реализация комплекса мер, соответствующего развитию грузовых железнодорожных перевозок в рамках сценария 1. Восстановление утраченных связей и сотрудничества в объемах, соответствующих характеру введенных послаблений
Сценарий 3. Усиление санкционного давления с практически полным разрывом имеющихся связей	Средняя или высокая	Более активное и агрессивное развитие восточного направления, взаимодействие в рамках ЕАЭС	Реализация контрсанкционных мер, соответствующих жесткости введенных санкций и обеспечивающих сохранение устойчивости. Активное развитие альтернативных направлений, в т. ч. в тесной взаимосвязи с поиском новых торговых партнеров в целом

Сценарий развития	Степень влияния на устойчивость функционирования железнодорожного транспорта	Основа реализации сценарного варианта	Ключевые меры развития грузовых железнодорожных перевозок
Сценарий 4. Ослабление санкционного давления и улучшение условий сотрудничества	Слабая	Восстановление утраченных связей и разрушенных цепочек поставок с учетом имеющегося опыта	Восстановление ранее используемых маршрутов поставок, способов оплаты и условий сотрудничества Формирование новых (восстановленных) цепочек таким образом, чтобы сохранялась возможность максимально быстрого перехода на альтернативные варианты при минимальном уровне потерь

Источник: собственная разработка автора.

Стоит отметить, что в рамках наблюдаемой геополитической ситуации наиболее вероятным к наступлению является второй сценарий, предусматривающий сохранение санкционного давления при незначительном ослаблении введенных ранее ограничений (в т. ч. в границах отдельных направлений следования или отдельных номенклатурных групп грузов). Одновременно стоит отметить высокую вероятность наступления каждого из имеющихся сценарных вариантов, что обуславливает необходимость формирования комплексной стратегии развития грузовых железнодорожных перевозок.

Заключение. Систематизация результатов проведенного исследования позволяет однозначно определить высокую актуальность использования сценарного подхода при обосновании перспектив развития грузовых железнодорожных перевозок, обусловленную возможностью одновременного учета множества разнонаправленных факторов и проработки комплекса мер, соответствующих любому варианту развития событий. Наиболее рациональным является рассмотрение четырех ключевых сценариев: 1) сценария, предусматривающего сохранение санкционного давления при полном отсутствии положительных изменений; 2) сценария, предусматривающего сохранение санкционного давления при незначительном ослаблении ограничений по отдельным направлениям; 3) сценария, предусматривающего усиление санкционного давления с практически полным разрывом имеющихся связей; 4) сценария, предусматривающего ослабление санкционного давления и улучшение условий сотрудничества. Применение сценарного подхода в практике работы Белорусской железной дороги с одновременной проработкой комплексной стратегии развития железнодорожного транспорта позволит минимизировать возможные последствия при наступлении рисков событий.

Используемые источники информации:

1. Симонова, И. Ф. Управление проектами в учреждении культуры: подходы, ценности, технологии: учеб. пособие / И. Ф. Симонова. — СПб: Научные технологии, 2021. — 417 с.
2. Макроэкономический прогноз (2023–2025) // Евразийский банк развития. — Минск, 2023. — 53 с.
3. Экономика Республики Беларусь: текущая ситуация и прогноз [Электронный ресурс] // Институт исследований и экспертизы ВЭБ. — Режим доступа: https://inveb-docs.ru/attachments/article/2023_10/Belarus_09_2023.pdf. — Дата доступа 10.11.2023.
4. Банк России опубликовал квартальный доклад о денежно-кредитной политике [Электронный ресурс] // Центральный банк Российской Федерации. — Режим доступа: <https://cbr.ru/press/event/?id=17184>. — Дата доступа 10.11.2023.
5. Regional economic prospects // European Bank for Reconstruction and Development. — 2023. — 36 с.

УДК 378.048.2

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕЧНЯ ПРИОРИТЕТНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

THE FORMATION OF A LIST OF PRIORITY SPECIALTIES OF HIGH QUALIFICATION RESEARCHERS ENSURING THE DEVELOPMENT OF HIGH-TECH PRODUCTION

А. Г. Захаров,

заведующий отделом научно-методического обеспечения прогнозирования потребности научных работников высшей квалификации ГУ «Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы», канд. физ.-мат. наук, г. Минск, Республика Беларусь

И. К. Мурзич,

главный научный сотрудник отдела научно-методического обеспечения прогнозирования потребности научных работников высшей квалификации ГУ «Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы», д-р воен. наук, профессор, г. Минск, Республика Беларусь

A. Zakharov,

Head of the Department of Scientific and Methodological Support for Forecasting the Needs of Highly Qualified Researchers of the SO "Belarusian Institute for System Analysis and Information Support of the Scientific and Technical Sphere", PhD of Physical and Mathematical Sciences, Minsk, Republic of Belarus

I. Murzich,

Chief Research Officer of the Department of Scientific and Methodological Support for Forecasting the Needs of Highly Qualified Researchers of the SO "Belarusian Institute for System Analysis and Information Support of the Scientific and Technical Sphere", Doctor of Military Science, Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 16.01.2024.

В статье проведен анализ различных вариантов перечня приоритетных специальностей научных работников. Предложены общий подход и принципы его формирования. Обоснована целесообразность использования Комплексного прогноза научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2021–2025 гг. и на период до 2040 г. при формировании нового перечня приоритетных специальностей научных работников.

The article analyzes various options for the list of priority specialties for scientists. A general approach and principles of its formation are proposed. The feasibility of using the Comprehensive Forecast of Scientific and Technological Progress of the Republic of Belarus for 2021–2025 and for the period until 2040 is substantiated when forming a new list of priority specialties for scientists.

Ключевые слова: научные работники высшей квалификации, приоритетные специальности, высокотехнологичные производства, технологический уклад.

Key words: highly qualified scientific workers, priority specialties, high-tech production, technological structure.

Общепризнанно, что в настоящее время мир стоит на пороге VII технологического уклада. Его контуры уже проявились в наиболее развитых странах мира, таких как США, Япония и КНР. По мнению специалистов, этот уклад характеризуется нацеленностью на развитие и массовое использование, главным образом, молекулярных, клеточных и ядерных технологий, микро- и нанотехнологий.

В Республике Беларусь в последние годы предпринимались значительные усилия по различным направлениям для обеспечения перехода в экономике от использования технологий III и IV технологических укладов

к использованию технологий более высоких уровней. Одним из таких направлений является подготовка научных работников высшей квалификации (НРВК) по приоритетным специальностям, необходимым для развития высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам экономики. Изначально предусматривалось, что основные усилия в данном направлении должны быть сосредоточены на укреплении кадрового состава НРВК, в первую очередь, организаций производственной сферы и отраслевых научно-исследовательских организаций. Однако, к сожалению, ощутимых результатов к настоящему времени достичь не удалось. Так, в 2022–2023 гг. численность обучающихся в аспирантуре по заявкам организаций Министерства промышленности Республики Беларусь составляла всего 22 человека, причем значительная часть из них обучалась по специальностям, не относящимся к категории приоритетных. В силу этого весьма актуальной представляется работа по уточнению перечня приоритетных специальностей научных работников в интересах создания кадрового задела для дальнейшего инновационного развития экономики Республики Беларусь.

В настоящее время существуют два документа, определяющих перечень приоритетных специальностей:

- первый носит регламентирующий характер: приказ Государственного комитета по науке и технологиям (ГКНТ) от 29 марта 2012 г. № 146 в редакции от 30 июля 2018 г. № 210 (приказ ГКНТ № 146) [1];
- второй имеет рекомендательный характер: решение Межведомственного совета по проблемам планирования подготовки научных работников высшей квалификации от 2 ноября 2021 г. [2].

В целях определения рационального подхода к формированию нового перечня приоритетных специальностей необходимо проанализировать, как в предыдущие годы менялись его структура, содержание и признаки, по которым осуществлялось отнесение специальностей научных работников к категории приоритетных. В связи с этим, помимо упомянутых документов, целесообразно рассмотреть статью «Оценка состояния подготовки научных работников высшей квалификации для обеспечения развития V и VI технологических укладов национальной экономики», опубликованную в научно-методическом журнале «Высшая школа» в 2012 г. (№ 6(92)) [3], и приказ ГКНТ № 146 в его первоначальной редакции.

Первый источник интересен тем, что одним из соавторов этой статьи является кандидат физико-математических наук А. Н. Королевич, который в то время возглавлял отдел — центр планирования и прогнозирования подготовки научных кадров высшей квалификации ГУ «БелИСА». В данной работе приведен исходный вариант перечня приоритетных специальностей, который в дальнейшем лег в основу первой редакции приказа ГКНТ. Этот вариант, как описывается в статье, был сформирован на основе статистической обработки результатов анкетирования экспертов. При составлении анкеты из приказа ГКНТ «Об утверждении классификации специальностей научных работников в соответствии с приоритетными направлениями научно-технической деятельности на 2011–2015 гг.» от 30 декабря 2010 г. № 366 были отобраны специальности научных работников по пяти отраслям науки (физико-математические, химические, биологические, технические и медицинские) в соответствии с направлениями производств V и VI технологических укладов, которые, в свою очередь, определялись авторами анкеты в соответствии с Методическими рекомендациями по отнесению производств к высокотехнологичным (в том числе к производствам V и VI технологических укладов), утвержденными ГКНТ совместно с Министерством экономики Республики Беларусь, НАН Беларуси и Государственным комитетом по стандартизации республики Беларусь [4].

Анализ показывает, что перечни приоритетных специальностей, определенные в упомянутых четырех документах, имеют существенные различия. Это видно как по их структурам, так и по содержанию, поскольку в них содержится разное количество специальностей, относящихся к различным отраслям науки (табл. 1).

Таблица 1

Структура и содержание перечней приоритетных специальностей, определенных в различных документах, по отраслям науки

Отрасль науки		Количество приоритетных специальностей			
Шифр	Название	в исходном варианте по результатам экспертного опроса	в приказе ГКНТ		в решении Межведомственного совета
			в ред. приказа от 29 марта 2012 г. № 146	в ред. приказа от 30 июля 2018 г. № 210	
01.00.00	Физико-математические	12	18	24	25
02.00.00	Химические	2	5	8	6
03.00.00	Биологические	8	14	17	15
05.00.00	Технические	23	33	47	59
06.00.00	Сельскохозяйственные	0	0	2	2

Окончание таблицы 1

Отрасль науки		Количество приоритетных специальностей			
Шифр	Название	в исходном варианте по результатам экспертного опроса	в приказе ГКНТ		в решении Межведомственного совета
			в ред. приказа от 29 марта 2012 г. № 146	в ред. приказа от 30 июля 2018 г. № 210	
08.00.00	Экономические	0	0	2	3
13.00.00	Педагогические	0	0	1	0
14.00.00	Медицинские	9	14	35	22
17.00.00	Искусствоведение	0	0	1	0
25.00.00	Науки о Земле	0	0	0	2
Всего		54	84	137	134

Очевидно, что это является следствием того, что при формировании перечней использовались различные критерии отнесения специальностей научных работников к категории приоритетных. Следует также отметить, что механизм отбора специальностей для включения в группу приоритетных со временем значительно усложнился: от простого и понятного экспертного опроса, который был описан ранее, до достаточно сложного, который использовался при принятии решения Межведомственным советом. Так, в последнем случае критерии отнесения специальностей научных работников высшей квалификации к приоритетным (приведены в приложении 1 к протоколу № 3 заседания совета от 2 ноября 2021 г.) предусматривали трехэтапный отбор по следующим позициям:

1. Соответствие специальностей научных работников высшей квалификации приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг., утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 г. № 156.

2. Соответствие содержания образовательных программ послевузовского образования (паспортов специальностей, конкретизирующих области исследований) технологиям по технологическим направлениям V и VI укладов экономики, обозначенным в Методических рекомендациях по отнесению технологий к V и VI технологическим укладам, утвержденных приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 6 июня 2017 г. № 166.

3. Соответствие специальностей научных работников высшей квалификации направлениям научно-технологического развития Республики Беларусь с учетом Комплексного прогноза научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2021–2025 гг. и на период до 2040 г.

Очевидно, что такой подход является крайне трудоемким и трудно реализуемым. В интересах устранения данного недостатка в первую очередь целесообразно определиться с используемой терминологией, поскольку в действующих нормативных правовых документах различных уровней имеется существенное несоответствие в названиях, применяемых в отношении приоритетных специальностей. Так, в приказе ГКНТ № 146 используется термин «приоритетные специальности научных работников высшей квалификации, *необходимые* для развития высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI укладам экономики», при этом в документах более высокого уровня — термин «приоритетные специальности научных работников высшей квалификации, *обеспечивающие* развитие высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам». В данном случае имеются в виду такие нормативные правовые акты, как: Указ Президента Республики Беларусь «О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг.» [5] и Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О комплексе мероприятий по развитию национальной инновационной системы на 2021–2025 гг.» [6].

Очевидно, что разночтения в приведенных формулировках затрудняют единообразное понимание смысла данного термина, от которого, кстати, зависит выбор рационального подхода к формированию перечня приоритетных специальностей. Так, наличие в его определении прилагательного «необходимые» придает факту наличия НРВК по приоритетным специальностям характер «необходимого условия» для развития высокотехнологичных производств, в то время как использование причастия «обеспечивающие» переводит его в разряд одного из факторов, лишь «создающих условия» для этого процесса, делающих его возможным.

Помимо этого, замена в формулировке приоритетных специальностей, использованной в приказе ГКНТ № 146, термина «технологический уклад» термином «уклад экономики» представляется не вполне корректной. Второй термин существовал задолго до появления первого. Специалистами он отождествляется с терминами «экономический уклад» и «общественно-экономический уклад», которые, например, в Большой советской энциклопедии, изданной еще в 1969–1978 гг., трактуются как «тип хозяйства, основанный на определенной форме собственности на средства производства и соответствующие отношения в ходе этого производства» [7, с. 533].

Что касается термина «технологический уклад», то, как известно, он был введен в науку российскими экономистами Д. С. Львовым и С. Ю. Глазьевым в 1986 г. [8]. В Экономико-математическом словаре приведено следующее его определение: «Технологический уклад — ...совокупность сопряженных производств (взаимосвязанных технологических цепей), имеющих единый технический уровень и рассматриваемых как некая структурная подсистема экономической системы — альтернативная по отношению к таким подсистемам, как отрасли» [9, с. 363]. Очевидно, что с учетом предназначения перечня приоритетных специальностей использование в его формулировке термина «технологический уклад» более корректно, нежели использование термина «уклад экономики», при этом целесообразно исходить из определения, приведенного в приложении 1 «Перечень используемых терминов и определений» к Декрету Президента Республики Беларусь «О развитии цифровой экономики» [10]: «Технологический уклад — комплекс технологически сопряженных производств, характерных для определенного уровня развития общественного производства (ядро технологического уклада), ключевым фактором формирования которого является развитие определенных технологических направлений».

Таким образом, с учетом приведенных выше рассуждений представляется правильным использовать формулировку «*приоритетные специальности научных работников высшей квалификации, обеспечивающие развитие высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам*».

Наряду с этим, при разработке перечня приоритетных специальностей немаловажное значение имеет правильное понимание и другого термина, а именно термина «производство». В различных источниках имеются разночтения в его трактовке. Так, в Большом толковом словаре русского языка приведено несколько вариантов его определения, однако во всех производство ассоциируется с производством материальных благ и рассматривается как «то, что производится, изготавливается», то есть продукция, или как «отрасль промышленности» [11, с. 1010]. Если исходить из такого понимания термина «производство», то в действующем перечне приоритетных специальностей явно оказываются лишними все специальности, относящиеся к отраслям медицинских и педагогических наук, а также ряд специальностей отрасли биологических наук.

В то же время в Словаре современных экономических терминов под производством понимается «выпуск продукции, товаров, услуг» [12, с. 301]. В такой трактовке производство уже не ограничивается только созданием материальных благ. Очевидно, что в этом случае в перечне приоритетных специальностей требуется существенное расширение специальностей, относящихся к отраслям педагогических, экономических, юридических наук, культурологии и искусствоведения. Однако при этом теряется смысл отнесения их к группе обеспечивающих развитие высокотехнологических производств V и VI технологических укладов.

Не трудно также заметить, что в действующем перечне приоритетных специальностей, определенном в приказе ГКНТ № 146, содержатся специальности, не связанные напрямую с производством материальных средств. Это дает основание предположить, что при его составлении учитывались только Методические рекомендации по отнесению технологий к V и VI технологическим укладам, утвержденные приказом ГКНТ [13], без привязки специальностей к термину «производство» в его первом толковании из двух, приведенных выше. Однако при формировании нового перечня приоритетных специальностей целесообразно исходить из первичности материального производства по отношению к производству услуг и рассматривать лишь специальности, непосредственно связанные с производством вещественных ценностей, удовлетворяющих потребности человека и государства.

Наконец, немаловажным является вопрос и о том, как следует понимать «приоритетность» специальностей, применительно к рассматриваемому перечню. В данном случае можно выделить два возможных подхода.

Первый заключается в том, что в качестве приоритетных должны рассматриваться все специальности из Номенклатуры специальностей научных работников Республики Беларусь, установленной постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь [14], которые обеспечивают развитие высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам.

В соответствии со вторым подходом в номенклатуре специальностей сначала должны выделяться специальности, обеспечивающие развитие высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам, а уже среди них по определенному критерию отбираться приоритетные.

Очевидно, что первый подход предполагает достаточно обширный перечень приоритетных специальностей, второй же, напротив, способствует его конкретизации. Действительно, если V и VI технологические уклады становятся доминирующими в экономике государства, то они распространяются на все его сферы, включая и сферу производства товаров, и сферу производства услуг. В этом случае если увязывать подготовку НРВК по приоритетным специальностям, например, с приоритетами в обеспечении национальной безопасности, то окажется, что в него должны войти специальности по подавляющему большинству отраслей науки. Так, анализ содержания главы 2 проекта новой концепции национальной безопасности Республики Беларусь [15] свидетельствует, что для обеспечения таких стратегических национальных интересов, как сохранение самобытности, укрепление духовно-нравственных ценностей белорусского народа, развитие современного

культурного пространства страны, защита исторической памяти; патриотическое воспитание граждан, сохранение традиционных семейных ценностей, обеспечение преемственности поколений; устойчивое социально-экономическое развитие и высокая конкурентоспособность белорусской экономики, необходимы специалисты не только в отраслях технических и естественных наук, но и в отрасли гуманитарных наук. Анализ содержания проекта концепции при этом не позволяет выявить отрасли науки, по которым подготовка НРВК должна развиваться опережающими темпами по сравнению с другими, поскольку в нем говорится, что «обеспеченность различных сфер деятельности общества и государства научными кадрами» является одним из основных национальных интересов Республики Беларусь [там же, п. 11].

Другими словами, если использовать первый подход, то количество специальностей, отнесенных к категории «приоритетных», будет настолько большим, что потеряется смысл понятия «приоритетность». Это говорит о том, что второй подход к формированию перечня приоритетных специальностей представляется более рациональным. В его основу следует положить три основных принципа: принцип сосредоточения основных усилий, принцип экономической целесообразности и принцип реализуемости.

Принцип сосредоточения основных усилий заключается в том, что подготовка НРВК должна быть сосредоточена на подготовке специалистов по тем специальностям, которые непосредственно связаны с высокотехнологичными производствами в материальной сфере, то есть с производством высокотехнологичной продукции. В данном случае речь идет о специальностях научных работников, относящихся к группам отраслей технических и сельскохозяйственных наук, а также о взаимосвязанных с ними специальностях группы отраслей естественных наук.

Принцип экономической целесообразности предусматривает отбор тех специальностей научных работников, обеспечивающих развитие высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам, которые уже развиваются или появление которых актуально и возможно в обозримой перспективе с учетом существующих в настоящее время экономического и научного потенциалов Республики Беларусь и состояния отечественной системы подготовки НРВК.

Принцип реализуемости предполагает то, что перечень приоритетных специальностей должен включать лишь те специальности, по которым подготовка НРВК уже ведется в республиканской системе научно-ориентированного образования или возможна за рубежом в соответствии с существующими межгосударственными договорами.

Помимо потребности в устранении недостатков действующего перечня приоритетных специальностей, о которых было сказано выше, его актуализация вызвана также необходимостью приведения его содержания в соответствие с действующими нормативными правовыми актами. Перечень, утвержденный приказом ГКНТ № 146 в 2018 г., разрабатывался с учетом приоритетных направлений инновационной деятельности, приведенных в Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 гг., утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 31 января 2017 г. № 31 [16]. В настоящее же время актуальной является Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг., утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 15 сентября 2021 г. № 348 (в редакции от 25 октября 2022 г. № 381) [5].

С учетом принципов, обозначенных выше, наиболее подходящим документом, который может быть использован для формирования нового перечня приоритетных специальностей, является Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2021–2025 гг. и на период до 2040 г. (КП НТП) [17], поскольку:

- во-первых, он был подготовлен с учетом упомянутой выше Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг.;

- во-вторых, в нем направления, на которых должны сосредотачиваться усилия по формированию и ускоренному развитию наукоемких и высокотехнологичных секторов национальной экономики, базирующихся на производствах V и VI технологических укладов, определенные в Государственной программе инновационного развития, конкретизированы в виде конечных продуктов или технологий, необходимых для их производства.

КП НТП взят за основу при разработке Методических рекомендаций по определению прогнозной потребности в подготовке научных работников высшей квалификации в Республике Беларусь, утвержденным приказом ГКНТ от 15 июня 2022 г. № 202 [18]. В данном документе сформирован перечень специальностей научных работников, необходимых для развития производств, создание или активное развитие которых предполагается в Республике Беларусь до 2040 г. Перечень полностью соответствует обозначенным выше общему подходу и трем принципам формирования перечня приоритетных специальностей и именно его целесообразно использовать в качестве такового.

Для сравнения на рис. 1 представлены структуры перечней приоритетных специальностей, определенных приказом ГКНТ, решением Межведомственного совета и содержащихся в Методических рекомендациях, по группам отраслей науки.



Рис. 1. Количество специальностей в различных вариантах перечней приоритетных специальностей по группам отраслей науки

Источник: разработка авторов.

Как видно из рис. 1, перечень приоритетных специальностей, определенный в Методических рекомендациях, не только в наибольшей степени соответствует упомянутым выше принципам, но и одной из основных задач по совершенствованию республиканской системы подготовки НРВК, поставленной ГКНТ, которая заключается в расширении подготовки НРВК по естественнонаучным и техническим специальностям научных работников.

Так, подтверждением его соответствия принципу реализуемости является тот факт, что в настоящее время в учреждениях научно-ориентированного образования Республики Беларусь осуществляется подготовка НРВК в аспирантуре по всем специальностям, которые он содержит. В табл. 2 на основе информации, содержащейся в республиканской автоматизированной информационно-аналитической системе мониторинга подготовки научных работников высшей квалификации, приведены данные о количестве и доле специальностей научных работников в различных вариантах перечня приоритетных специальностей, по которым в нашей стране не ведется подготовка НРВК в аспирантуре.

Таблица 2

Количество и доля специальностей научных работников в различных вариантах перечня приоритетных специальностей, по которым в Республике Беларусь не ведется подготовка НРВК в аспирантуре

Документ, определяющий перечень приоритетных специальностей	Количество специальностей в перечне приоритетных специальностей, по которым не ведется подготовка НРВК в аспирантуре	Доля специальностей, по которым не ведется подготовка НРВК в аспирантуре, в общем количестве приоритетных специальностей в перечне, %
Приказ ГКНТ № 146	17	12,4
Решение Межведомственного совета	27	20,1
Методические рекомендации	0	0,0

Как видно из табл. 1, именно перечень, приведенный в Методических рекомендациях, полностью соответствует реальным возможностям существующей в настоящее время республиканской системы подготовки НРВК. В отношении первых двух вариантов перечня можно сказать, что, с одной стороны, наличие в них специальностей, по которым подготовка в Республике Беларусь не ведется, объясняется тем, что они действительно являются важными для развития новых высокотехнологичных производств в Республике Беларусь. С другой стороны, включение их в перечень является не вполне обоснованным, поскольку условия для организации подготовки по ним НРВК отсутствуют по причинам, устранение которых требует достаточно большого промежутка времени. Действительно, подготовка потенциальных научных руководителей, а тем более становление научной школы, способной завоевать передовые позиции по новому научному направлению, представляют собой длительные и чрезвычайно сложные процессы. Их положительный результат гарантировать на 100 % не представляется возможным. По этой причине включение специальностей научных работников, по которым

подготовка в учреждениях научно-ориентированного образования Республики Беларусь не открыта, в перечень приоритетных не представляется обоснованным.

Анализ также показывает, что перечень приоритетных специальностей, приведенный в Методических рекомендациях, лишь на 53 % совпадает с перечнем, утвержденным приказом ГКНТ, и на 48 % — с перечнем, определенным решением Межведомственного совета (табл. 3). Однако это нельзя рассматривать как его недостаток. К тому же из 134 специальностей, содержащихся в перечне, утвержденном приказом ГКНТ, только 103 специальности содержатся в перечне, определенном решением Межведомственного совета. Отличия в содержаниях различных вариантов перечней приоритетных специальностей лишь свидетельствует о том, что они формировались на основе различных подходов.

Таблица 3

Доля специальностей перечня приоритетных специальностей, определенного Методическими рекомендациями, совпадающих со специальностями перечней, определенных другими документами, по группам отраслей науки, %

Группа отраслей науки	Доля специальностей перечня приоритетных специальностей, определенного Методическими рекомендациями, совпадающих со специальностями перечня, определенного	
	приказом ГКНТ № 146	решением Межведомственного совета
Естественные	61,3	54,8
Медицинские	0,0	0,0
Сельскохозяйственные	5,3	10,5
Социальные и гуманитарные	0,0	0,0
Технические	60,3	53,4
Всего	53,0	48,0

О предпочтительности того, чтобы в качестве перечня приоритетных специальностей научных работников использовался перечень, приведенный в Методических рекомендациях, свидетельствуют также следующие рассуждения.

В настоящее время вклад промышленного и аграрного секторов экономики в ВВП страны весьма значительный. Как неоднократно указывал Президент Республики Беларусь, перевод их на инновационные рельсы относится к разряду приоритетных задач государства. Несомненно, что этот процесс невозможен без насыщения данных секторов высококвалифицированными научными кадрами. В табл. 4 представлена информация о численности персонала, занятого научными исследованиями и разработками, по видам экономической деятельности, и о численности исследователей, имеющих ученую степень, с 2018 по 2022 г. [19]. Самая низкая обеспеченность НРВК наблюдается в таких важнейших сферах экономики Республике Беларусь, как промышленность и сельское хозяйство.

Таблица 4

Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, с 2018 по 2022 г., по видам экономической деятельности

Вид экономической деятельности	Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, чел. (удельный вес исследователей с ученой степенью, %)				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Всего по республике	27 411 (12,7)	27 735 (12,4)	25 622 (13,0)	25 644 (12,5)	25 233 (12,4)
<i>в том числе по видам экономической деятельности</i>					
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	356 (4,8)	322 (4,7)	302 (5,0)	289 (5,2)	219 (5,0)
промышленность	7505 (1,2)	7543 (1,2)	6614 (1,4)	7249 (1,2)	7118 (1,3)
сфера услуг	19 550 (17,3)	19 870 (16,8)	18 706 (17,2)	18 106 (17,2)	17 896 (17,2)

В связи с этим одной из основных задач представляется подготовка специалистов, имеющих ученую степень, для предприятий и организаций именно этих секторов экономики. С учетом их специфики можно утверждать,

что это должны быть НРВК, подготовленные в основном по специальностям технических, естественных и сельскохозяйственных групп отраслей науки, что и нашло свое отражение в перечне приоритетных специальностей, приведенных в Методических рекомендациях (рис. 2). Наличие таких специалистов в этих ключевых отраслях экономики страны позволит активизировать в них инновационные процессы и будет содействовать переходу экономики государства к более высоким технологическим укладам в целом.



Рис. 2. Доли специальностей групп отраслей науки в различных вариантах перечней приоритетных специальностей, %

Подводя итог на основе положений, изложенных в данной статье, в целях выполнения п. 30 Комплекса мероприятий по развитию национальной инновационной системы на 2021–2025 гг., определенного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 декабря 2021 г. № 722 [6], предусматривающего расширение подготовки НРВК по приоритетным специальностям, обеспечивающим развитие высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI технологическим укладам, можно признать целесообразным:

- рекомендовать рассмотреть вопрос об утверждении нового перечня приоритетных специальностей в редакции перечня специальностей, необходимых для развития объектов прогнозирования КП НТП, приведенного в Методических рекомендациях по определению прогнозной потребности в подготовке научных работников высшей квалификации в Республике Беларусь, утвержденных приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 15 июня 2022 г. № 202;
- после издания КП НТП провести уточнение перечня приоритетных специальностей в соответствии с положениями, изложенными в данной статье.

Используемые источники информации:

1. Перечень приоритетных специальностей научных работников высшей квалификации, необходимых для развития высокотехнологичных производств, относящихся к V и VI укладам экономики [Электронный ресурс]: утв. приказом Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, 29 марта 2012 г., № 146; в ред. приказа Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь от 30.07.2018 № 210. — Режим доступа: <https://www.gknt.gov.by/upload/iblock/perechen06082018.pdf>. — Дата доступа: 15.01.2024.
2. О выработанных решениях по совершенствованию системы прогнозирования потребности и планирования подготовки научных работников высшей квалификации [Электронный ресурс]: решение Межведомственного совета по проблемам планирования подготовки научных работников высшей квалификации // Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://www.gknt.gov.by/upload/pdf/2022/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%20%D0%9C%D0%A1%2002.11.2021%20%E2%84%96%203.pdf>. — Дата доступа: 15.01.2024.
3. Королевич, А. Н. Оценка состояния подготовки научных работников высшей квалификации для обеспечения развития V и VI технологических укладов национальной экономики / А. Н. Королевич, Н. А. Никоненко, С. В. Никонович // Высшая школа. — 2012. — № 6 (92). — С. 30–35.
4. Методические рекомендации по отнесению производств к высокотехнологичным (в том числе к производствам V и VI технологических укладов): сб. метод. материалов по осуществлению инновационной деятельности и реализации инновационных программ / под ред. И. В. Войтова. — Минск: ГУ «БелИСА», 2011. — С. 230–243.
5. О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 15 сент. 2021 г., № 348; в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 25.10.2022 № 381 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.

6. О комплексе мероприятий по развитию национальной инновационной системы на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 15 дек. 2021 г., № 722: в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 03.09.2023 № 512 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.
7. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. — Изд. 3-е. — М.: Советская энциклопедия, 1969–1978. — 26 т.
8. Львов, Д. С. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП / Д. С. Львов, С. Ю. Глазьев // Экономика и математические методы. — 1986. — № 5. — С. 793–804.
9. Лопатников, Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки / Л. И. Лопатников. — Изд. 5-е. — М.: Дело, 2003. — 520 с.
10. О развитии цифровой экономики [Электронный ресурс]: Декрет Президента Респ. Беларусь, 21 дек. 2017 г., № 8: в ред. Декрета Президента Респ. Беларусь от 18.03.2021 № 1 // Консультант-Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.
11. Большой толковый словарь русского языка / сост. и гл. ред. С. А. Кузнецов. — СПб.: Норинт, 2000. — 1536 с.
12. Райзберг, Б. А. Словарь современных экономических терминов / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский. — Изд. 4-е. — М.: Айрис-пресс, 2008. — 480 с.
13. Методические рекомендации по отнесению технологий к V и VI технологическим укладам [Электронный ресурс]: утв. приказом Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, 6 июня 2017 г., № 166 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.
14. Номенклатура специальностей научных работников Республики Беларусь [Электронный ресурс]: утв. постановлением Высш. аттестационной комиссии Респ. Беларусь, 1 авг. 2019 г., № 1 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.
15. О рассмотрении проекта новой Концепции национальной безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Совета Безопасности Респ. Беларусь, 6 марта 2023 г., № 1 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&rp0=P223s0001>. — Дата доступа: 04.09.2023.
16. О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 31 янв. 2017 г., № 31 // Консультант-Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.
17. Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2021–2025 гг. и на период до 2040 г.: в 2 т. / под ред. А. Г. Шуმიлина. — Минск: ГУ «БелИСА, 2020. — Т. 2. — 752 с.
18. Методические рекомендации по определению прогнозной потребности в подготовке научных работников высшей квалификации в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: утв. приказом Гос. ком. по науке и технологиям Респ. Беларусь, 15 июня 2022 г., № 202. // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2023.
19. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2023 [Электронный ресурс] // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. — Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/0a7/lk1zigmat2zbcwvo3lrfm1tow2f5zd2.pdf>. — Дата доступа: 15.01.2024.

УДК 338.48:006(476)

СЕРТИФИКАЦИЯ КАК УСТОЙЧИВЫЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА В ТУРИЗМЕ

CERTIFICATION AS A SUSTAINABLE QUALITY IMPROVEMENT MECHANISM IN TOURISM

З. М. Горбылева,

доцент кафедры экономики и управления туристической индустрией факультета коммерции и туристической индустрии УО «Белорусский государственный экономический университет», канд. экон. наук, доцент,
г. Минск, Беларусь

И. А. Шамардина,

заведующая кафедрой «Маркетинг» факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства
Белорусского национального технического университета, канд. экон. наук, доцент,
г. Минск, Республика Беларусь

Z. Harbyleva,

Associate Professor of “Economics and Management of Tourism Industry” Department of the Faculty of Commerce and Tourism Industry of the Belarus State Economic University, PhD in Economics, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

I. Shamardzina,

Head of “Marketing” Department of the Faculty of Marketing, Management, Entrepreneurship of the Belarusian National University of Technology, PhD in Economics, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 09.02.2024.

В статье раскрывается понятие «качество» и обосновывается вероятность получения знака качества организациями туризма; представлен и проведен анализ актуальных государственных стандартов, регулирующих туристическую деятельность в Беларуси; выявлены и раскрыты их недостатки; представлены преимущества наличия сертификата соответствия организациями туризма; доказана роль системы менеджмента качества и стандартов ISO 9001 в повышении конкурентоспособности туризма; предлагается ряд конкретных мер для повышения эффективности сертификации в туризме и участия в мероприятиях по получению знака качества.

The article reveals the concept of “quality” and substantiates the probability of obtaining a quality mark by tourism organizations; presents and analyzes current state standards governing tourism activities in Belarus; identifies and reveals their shortcomings; presents the advantages of having a certificate of conformity by tourism organizations; shows the role of the quality management system and ISO 9001 standards in improving the competitiveness of tourism; a number of specific measures are proposed to improve the effectiveness of certification in tourism and participation in activities to obtain a quality mark.

Ключевые слова: туризм, туристические услуги, качество, знак качества, потребители, стандарт, сертификация, требования, система менеджмента качества, безопасность туристов, стандарт предприятия, профессиональный стандарт, конкурентоспособность туризма.

Key words: tourism, travel services, quality, quality mark, consumers, standard, certification, requirements, quality management system, tourist safety, enterprise standard, professional standard, tourism competitiveness.

Введение. В Республике Беларусь 2024 г. объявлен Годом качества [1]. Символом наивысшего качества белорусских товаров и услуг является соответствующий Государственный знак качества. По описанию его изображения пять углов символизируют качество белорусской продукции, достигаемое сочетанием пяти показателей производства: безопасность, экологичность, инновационность, технологичность и эстетичность [2]. Во всех принятых на правительственном уровне законодательных документах по данному вопросу особый акцент направлен прежде всего на важность повышения качества белорусской товарной продукции. Следует заметить, что сектор услуг, доля которого в доходах ВВП за 2023 г. составила примерно 50 %, также имеет все основания претендовать на получение этого благородного знака. В силу специфики большинства видов деятельности данного сектора экономики, качество — один из основных параметров, обеспечивающий финансовую стабильность, конкурентное преимущество организаций и предприятий, высокое благосостояние общества в целом. Настоящее относится и к системе туризма. Более того, показатели, которые описывают изображение знака качества, в полной мере относятся и к туристической деятельности. В связи с этим возникает объективная целесообразность в исследовании теоретического обоснования в обеспечении качества туристических продуктов и услуг, а также изучения эмпирических подходов, действующих в настоящее время в данной области.

Основная часть. Первые научные попытки определить качество известны еще в древние времена. Нельзя сказать, что они претерпели существенные изменения, однако с развитием материально-технического производства, социальных взаимоотношений это определение получило более четкие рамки и характеристики (табл. 1).

Таблица 1

Характерные черты понятия качества в зависимости от источника, автора и исторического периода

Автор или источник определения	Характеристики, интерпретирующие качество
Аристотель (III в. до н. э.)	– различие между предметами – разграничение предметов по признаку «хороший — плохой»

Автор или источник определения	Характеристики, интерпретирующие качество
Гегель А. (XIX в.)	– тождественная с бытием определенность: нечто перестает быть тем, что оно есть, когда оно теряет свое качество – неразрывное единство качества и количества: те или иные количественные изменения имеют свой качественный предел, за гранью которого возникает новое соотношение количества и качества
Китайская семиотика	– тождественно понятию «высококласный», «дорогой» согласно расшифровке иероглифа, обозначающего качество («равновесие» и «деньги»)
Шухарт У. (1931 г.)	– объективные физические характеристики – субъективная оценка: насколько «вещь» хороша
Исикава К. (1950 г.)	– свойство, удовлетворяющее потребителей
Джуран Дж.М. (1979 г.)	– пригодность для использования, соответствие назначению (объективность) – степень удовлетворения потребителя (субъективность)
ГОСТ 15467 (1979 г.)	– совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением
Международная система ISO 8402 (1986 г.)	– совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности
Международная система ISO 9000 (2001 г.)	– степень соответствия присущих характеристик требованиям – требования — потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным – характеристика — отличительное свойство
Международная система ISO 9001 (2015 г.)	– складывающаяся культура организации, формирующая поведение, позиции и действия сотрудников, а также процессы, которые создают ценность посредством удовлетворения потребностей и ожиданий потребителей и других соответствующих заинтересованных сторон – способности продукции и услуг удовлетворить потребителей и их ожидаемым и неожиданным влиянием на соответствующие заинтересованные стороны – наличие в продукции и услугах ожидаемых функций и показателей функционирования, а также то, как воспринимает их потребитель с точки зрения их ценности для него и приобретенной выгоды

Источник: составлено авторами по [3].

Приведенные выборочные исторические, лингвистические, философские и нормативные трактовки качества позволяют определить логическую взаимосвязь понятий и явлений, которые в итоге формируют современную основу системы менеджмента качества. Фундаментом ее являются объективные факторы, характеристики и показатели, присущие объекту (продукции, процессу или системе) и вытекающие из требования к нему. А требования формируются из потребностей или ожиданий, которые нормативно установлены, обычно предполагаются или являются обязательными. Таким образом, качество — это степень соответствия присущих объекту характеристик общепризнанным требованиям. Однако, наряду с оцениваемыми объективными характеристиками качества, существуют также и субъективные, которые затруднительно охватить оценочным инструментарием.

Приведенные толкования качества также позволяют трактовать их применительно к сфере туризма. Качество в ней реализуется посредством совокупности свойств и характеристик туристического продукта/услуги. Они придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности человека в соответствии с их назначением, которое в туризме может быть разнообразным: экономическим, социальным, эстетическим, культурным, спортивным. Такие потребительские свойства в туризме могут включать следующие аспекты: полезность, эффективность, функциональная пригодность, надежность, безопасность, экологичность и др. [4, 5].

Системе туризма свойственен ряд понятий, которые напрямую связаны с качеством: туристический продукт, туристическая услуга, тур, услуги туроператора, услуги турагента, экскурсионные услуги, услуги средств размещения, процесс обслуживания и др. Эти продукты и услуги есть результат непосредственного взаимодействия исполнителя и потребителя, организаций туристической индустрии и туристов, а также собственной деятельности исполнителя по удовлетворению туристических потребностей. По своим свойствам они имеют нематериальный характер, который проявляется прежде всего в неосязаемости услуг. Это означает

невозможность их демонстрации, производства впрок, хранения, одномоментность процесса производства и потребления и т. п. [6]. Исходя из этих *особенностей* услуги, качество в туризме имеет специфические черты и складывается условно из качества исполнения услуг и качества сервиса, последнее из которых включает в себя организацию и культуру обслуживания.

В соответствии с п. 4 ст. 23 Закона Республики Беларусь «О туризме» качество туристических услуг должно соответствовать требованиям договора оказания туристических услуг, а качество услуг, связанных с организацией туристического путешествия, — требованиям договора, Правилам оказания туристических услуг и иным законодательным актам. В случае отсутствия или неполноты правового регулирования качества туристических услуг, связанных с организацией туристического путешествия, оно должно соответствовать требованиям, обычно предъявляемым к услугам соответствующего типа. Если законодательством страны (места) временного пребывания установлены обязательные требования к качеству туристических услуг, то такие услуги должны быть оказаны с соблюдением таких требований [7].

Особую значимость качественные характеристики оказания туруслуг приобретают в международном контексте. Поскольку конкурентоспособность турпродукта на мировом рынке в большей степени зависит от неценовых параметров, фактор качества услуги приобретает едва ли не ключевое значение. Аспект выработки нормативных требований в туризме приобретает особую актуальность в рамках сотрудничества государств — членов ЕАЭС по международному туризму, поскольку на межгосударственном интеграционном уровне стандарты в области туристической индустрии в целом отсутствуют. Тем не менее услуги бюро путешествий и туристических агентств (услуги туроператоров и турагентов) реализуются в формате единого рынка услуг (ЕРУ) в Беларуси, России, Казахстане (кроме туристических информационных услуг и услуг гида). ЕРУ дает возможность для туроператоров стран ЕАЭС действовать на территории других евразийских государств на основании разрешения (реестра/лицензии), полученного в своей стране без ограничений и изъятий с автоматическим его признанием, а также подтверждением профессиональной квалификации персонала услугодателя. Более того, Стратегией развития Евразийского экономического союза предписано разработать рекомендации по стандартам качества оказания туристических услуг до 2025 г. В настоящее время государствами — членами ЕАЭС проводится анализ сопоставимости национальных стандартов качества, итоги которого лягут в основу разрабатываемых рекомендаций. Таких стандартов к настоящему времени выявлено более 100 [8]. В Договоре о ЕАЭС в этом отношении определен принцип разработки и применения ГОСТов.

Эффективным инструментом, который признан помочь туристическому бизнесу в обеспечении высокого качества предоставляемых услуг, являются стандарты. Стандартизация во всем мире успешно используется для повышения безопасности и качества продукции и услуг. Это, в свою очередь, способствует развитию международной торговли продукцией и услугами. Стандарт — мощный источник информации. Так, через применение международных стандартов, к примеру, реально перейти на новые технологии, особенно если они пересматриваются на регулярной основе по истечении 5 лет. Для конкретного предприятия и организации туристической индустрии соответствие установленным стандартам, как следствие, получение сертификата соответствия являются дополнительным конкурентным преимуществом на рынке, гарантирует, что соблюдены условия безопасности для здоровья и окружающей среды, что, в свою очередь, обеспечивает потребителя дополнительной уверенностью в правильном выборе туристической организации.

Фонд государственных стандартов в Республике Беларусь сегодня насчитывает более 31 200 документов, из которых примерно 82 % (25 643 документа) представлены межгосударственными стандартами (ГОСТами), обеспечивающими безбарьерную торговлю на постсоветском пространстве и в границах ЕАЭС, то есть гармонизированы с международными требованиями, и немногим более 16 % (5 045 документов) — государственные стандарты (СТБ) [9]. По состоянию на начало текущего года функционирует 46 технических комитетов по стандартизации, в том числе в сфере услуг. Налажен прямой контакт профильных технических комитетов по стандарту Республики Беларусь и Российской Федерации в 5 областях, однако кроме туристической индустрии.

В Беларуси один из обновленных стандартов на туристические услуги (СТБ 1352-2022) введен в действие с 1 августа 2023 г. [10]. В нем учтены требования новых нормативных документов, регламентирующих оказание туристических услуг [7, 11, 12]. По стандарту оценивается процесс оказания туристических услуг, большое внимание в котором уделено *безопасности, мастерству и квалификации персонала*. Аккредитованным органом по проведению сертификации утверждено Национальное агентство по туризму и экскурсиям Министерства спорта и туризма Республики Беларусь. Он выдает сертификат, который представляет собой документ, удостоверяющий соответствие объекта туризма требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводам правил и условиям договора.

Актуальные стандарты Республики Беларусь, регулирующие туристический рынок, подразделяются на межгосударственные (в форме ГОСТов) и внутринациональные (в форме СТБ) (табл. 2).

Таблица 2

Перечень международных и национальных стандартов в области туризма в Беларуси

Название и код стандарта	Описание значимости стандарта для туризма
ГОСТ 28681.1-95 «Туристско-экскурсионное обслуживание. Проектирование туристских услуг» (действует только на территории Республики Беларусь. Отменен на территории РФ с 01.07.2011)	– определяет порядок разработки документации при проектировании туристических услуг – не пересматривался с 1995 г., не соответствует современным требованиям, в том числе международным
ГОСТ 28681.2-95 «Туристско-экскурсионное обслуживание. Общие требования» (межгосударственный)	– устанавливает обязательные и рекомендательные требования к качеству туристических услуг, оказанных туристическими предприятиями, независимо от формы собственности и ведомственной принадлежности – не пересматривался с 1995 г., не соответствует современным требованиям, в том числе международным
ГОСТ 32611-2014 «Туристские услуги. Требования по обеспечению безопасности туристов» (межгосударственный, в Республике Беларусь введен с 01.01.2015 взамен ГОСТ 28681.3-95)	– устанавливает требования по обеспечению безопасности жизни, здоровья, имущества туристов при совершении путешествия – рекомендуется к применению юридическим и физическим лицам, оказывающим туристические услуги
ГОСТ 32612-2014 «Туристские услуги. Информация для потребителей. Общие требования» (межгосударственный, в Республики Беларусь введен в действие в качестве государственного с 01.10.2016)	– устанавливает требования к информации, предоставляемой потребителям туристических услуг по туристическим ресурсам, туристическому продукту и услугам, событиям, природным явлениям, объектам и организациям туристической индустрии
ГОСТ 30335-95 «Услуги населению. Термины и определения» (действующий в Республике Беларусь, заменен в РФ с 01.01.2014 на ГОСТ Р 50646-2012)	– содержит термины и определения понятий в области стандартизации, сертификации и управления качеством в сфере услуг, оказываемых населению, в том числе туризме
ГОСТ 32613-2014 «Туристские услуги. Услуги туризма для людей с ограниченными физическими возможностями. Общие требования» (межгосударственный)	– устанавливает требования и распространяется на туристические и экскурсионные услуги, предоставляемые для людей с ограниченными физическими возможностями – развитие безбарьерной среды — одно из направлений государственной политики в Беларуси; в рамках реализации Государственной программы «Социальная защита» до 2025 г. БелГИСС разработано 7 государственных стандартов, в том числе 4 на основе европейских и международных требований, введены в действие с 01.07.2023 г. [13]
ГОСТ ISO 18513-2013 «Услуги туристические. Гостиницы и другие средства размещения туристов» (межгосударственный)	– приведены определения употребляемых в туристической индустрии терминов, связанных с различными типами размещения туристов и другими сопутствующими услугами
СТБ 1352–2022 «Услуги туристические. Общие положения» (национальный)	– устанавливает классификацию туристических услуг, общие требования, требования безопасности для жизни, здоровья туристов и экскурсантов, сохранности их имущества, а также требования к туристическим услугам и услугам, предусмотренным комплексом туристических услуг – классификация туристических услуг осуществлена в соответствии с ОКРБ 007-2012 «Классификатор продукции по видам деятельности»
СТБ 2577-2020 «Услуги гостиниц и аналогичных средств размещения. Общие требования и классификация» (национальный)	– устанавливает требования к средствам размещения по категориям, определяет порядок, классификацию средств размещения и рекомендуется для целей сертификации

Источник: составлено авторами.

Как показал анализ положений основного стандарта (СТБ 1352-2022), в рамках которого оцениваются услуги туристических организаций и по результатам выдается сертификат, понятие качества не прописано в данном документе. Говорится о необходимости соблюдения качества и безопасности (например, п. 5.13), однако не даются параметры или оценки этих свойств услуг, что оставляет нормативную неопределенность и практическую размытость в их реализации.

Кроме того, в зависимости от специфики конкретного туристического бизнеса, его сертификация в туризме может проводиться по одному или по нескольким из вышеупомянутых стандартов. Действующие нормативные документы, на основе которых осуществляется добровольное регулирование деятельности организаций в туризме, в полной мере учитывают требования Закона Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» [14], уровню мирового научно-технического прогресса, целям повышения конкурентоспособности туристических услуг.

В настоящее время сертификация туристических услуг в Беларуси носит добровольный характер. Это означает, что коммерческие организации сферы туризма автономно принимают решение о необходимости получения того или иного сертификата. По данным БелГИСС, удельный вес туристических организаций Беларуси, подтвердивших соответствие менеджмента и реализуемых услуг эффективному и достойному уровню посредством прохождения процедуры сертификации, в настоящее время составляет около 7 % (что эквивалентно 80 субъектам). Как свидетельствует практика, туроператоры и туристические агентства, имеющие различные сертификаты соответствия, пользуются большим доверием как у потенциальных клиентов, так и у зарубежных партнеров. Действительно, в активизации этого направления у туристического бизнеса имеются огромные резервы. Проведенный авторами опрос специалистов туристического бизнеса показал, что наличие сертификата повышает имидж туристической компании, способствует доверию партнеров и потребителей, предоставляет конкурентные преимущества на рынке туристических услуг. Обобщив опыт компаний Беларуси, можно отметить ряд явных преимуществ сертификации в туризме:

- постоянный рост качественной составляющей туристического сервиса;
- внедрение инновационных технологий в систему подбора и обслуживания на маршруте;
- комплексную информационную поддержку на маршруте туристов и экскурсантов;
- действенную поддержку туристов в зарубежных турах;
- минимальные расходы времени, необходимые для офисного обслуживания клиентов;
- использование эффективных работающих схем страхования туристов;
- обеспечение повышенного уровня безопасности жизни и здоровья туристов;
- эффективную рекламную политику;
- работающий механизм компенсаций убытков за неиспользованные туры;
- наличие передовых программных решений в системе контроля и учета.

Однако при проведении авторами анализа представленных стандартов, действующих в области туризма, в них были выявлены некоторые ограничения, препятствующие развитию этого регулирующего института:

1. Отсутствует комплексность и системность в разработке стандартов в индустрии туризма. Большинство из действующих в настоящий период не пересматривались порядка 20 лет, поэтому устарели. По мнению экспертов, максимальная эффективность стандартов наблюдается в течение первых 3–4 лет после их ввода, затем актуализация снижается. В связи с этим они теряют актуальность и соответствие Закону «О техническом нормировании и стандартизации», мировому уровню научно-технического развития и целям повышения конкурентоспособности туристических услуг. Более того, разбросанная по законам и отдельным стандартам терминология по туризму часто противоречива.

2. Отсутствуют стандарты на процессы, услуги, работы, отдельные стандарты на методы и оценку контроля их соблюдения, особые группы услуг туризма, на конкретные виды услуг, которые развиваются и получают распространение [15]. Например, отсутствует стандарт на экстремальный туризм, который очень тесно сопряжен с понятиями качества и безопасности. Россия ввела такой стандарт межгосударственного уровня: ГОСТ Р54601-2022 от 30.06.2023. Актуальным, на наш взгляд, является планирование работы по разработке соответствующих стандартов по 13 приоритетным видам туризма, утвержденным в Беларуси [16].

Слово «качество» входит в состав термина «система менеджмента качества» (СМК), который означает совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством. Основой СМК сегодня стала система стандартов ISO 9001. Текущая версия СМК формулирует требования к нормативным документам системы менеджмента качества для предприятий любой формы собственности и вида деятельности. Главная мотивация и причины, по которым предприятия республики стремятся получить сертификаты с учетом требований СМК, это качество, международная торговля, участие в выгодных тендерах, грамотная организация, создание положительного имиджа и репутации и др. Все упомянутое о качестве в итоге имеет экономическое значение, поскольку цель менеджмента качества — достижение экономического эффекта. Предприятиям и организациям туристической индустрии важно учесть данное обстоятельство и стремиться к внедрению этой системы. С учетом того, что современный туристический бизнес тесно связан с иностранными партнерами, наличие определенных сертификатов (ISO 9001) является не просто желаемым фактором, а требованием времени. В связи с этим в целях обеспечения применения на предприятиях туристической индустрии различного рода стандартов, улучшения качества

предоставляемых услуг и обслуживания целесообразно разработать и утвердить *Стандарт туристического предприятия* (СТП). По сложившейся практике в других отраслях такие стандарты разрабатываются предприятиями самостоятельно или с привлечением в качестве соисполнителя головной или базовой организации отрасли по стандартизации на договорной основе. Они утверждаются руководителем предприятия и вводятся в действие приказом по предприятию с указанием даты ввода, организационно-технических мероприятий по его внедрению. СТП — это набор требований к качеству услуг, оказываемых на данном предприятии. Он не должен противоречить требованиям государственных стандартов и стандартам отрасли.

Обеспечение высокого качества услуг возможно при условии соответствующего уровня профессиональной подготовки специалистов. Учитывая особенности туризма как вида экономической деятельности, следует разработать и *Профессиональный стандарт*, содержащий специфический комплекс требований к специалистам в сфере туризма. Профессиональный стандарт в данном случае будет содействовать установлению и поддержанию единых требований к содержанию и качеству деятельности специалиста по организации и предоставлению туристических услуг.

Заключение. Система стандартизации в Республике Беларусь доказала свою эффективность во всех сферах деятельности национальной экономики. Это подтвердили и опросы сертифицированных организаций (98 %) в 2023 г. Как отмечают специалисты, важно и далее совершенствовать процедуру этой системы. К этому обязывает и объявленный на 2024 г. Год качества. Республиканским Планом мероприятий на Год качества предусмотрено ряд мероприятий, направленных на обеспечение качественных показателей через стимулирование инициативы, формирование личной гражданской ответственности за достижение высокого качества жизни. В их числе предложения, относящиеся непосредственно к индустрии туризма: развитие портала рейтинговой оценки организаций, проведение различных конкурсов оказываемых услуг; расширение использования природных лечебных ресурсов, программ санаторно-курортного лечения и др. [17]. Туристические организации на равных условиях, как и предприятия других видов деятельности, могут претендовать на участие в конкурсе на получение Знака качества. Однако специфика и характер труда в этой сфере требуют разработки соответствующих методических рекомендаций, положения об участии в этом мероприятии, включающие в том числе основания для оценки, например таких, как показатели качества, его уровня и характеристик, критерии контроля качества и др. В конечном счете туризм реализует не только экономическую, но важную социальную функцию, поэтому повышение качества туристических услуг не только будет способствовать конкурентоспособности турпродукта, да и индустрии в целом на мировом рынке, но также увеличению благосостояния и качества жизни общества. Именно с такой интенцией должна реализовываться государственная политика в области повышения качества в туризме.

Используемые источники информации:

1. Об объявлении 2024 года Годом качества [Электронный ресурс]. Указ Президента Респуболики Беларусь № 375 от 27 ноября 2023 г. // Официальный сайт Президента Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://president.gov.by/bucket/assets/uploads/documents/2023/375uk.pdf>. — Дата доступа: 06.02.2024.
2. О Государственном знаке качества [Электронный ресурс]. Указ Президента Республики Беларусь № 21 от 18 января 2024 г. // Официальный сайт Президента Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://president.gov.by/bucket/assets/uploads/documents/2024/21uk.pdf/>. — Дата доступа: 06.02.2024.
3. Теоретические подходы к определению понятия «качество» / В. Н. Гончаров, В. В. Колесникова, И. В. Ширяева [Электронный ресурс]. ЭКОНОМИНФО. — 2015. — № 5. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-podhody-k-opredeleniyu-ponyatiya-kachestvo/>. — Дата доступа: 06.02.2024.
4. Туризм. Туристская индустрия. Туристский бизнес / И. В. Зорин, В. А. Квартальнов. Толковый словарь туристских терминов. — М. — Афины: INFOGROUP, 1994 — 407 с.
5. Туризм / под общ. ред. С. Ю. Житенева. — Российский энциклопедический словарь — М.: Ин-т наследия, 2018. — 490 с.
6. Горбылева, З. М. Экономика туристической индустрии: учеб. / З. М. Горбылева. — Минск: БГЭУ, 2018. — 527 с.
7. О туризме [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь № 129-3 от 11 нояб. 2021 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H12100129>. — Дата доступа: 06.02.2024.
8. Евразийская Экономическая Комиссия 2020-2023 [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/807/EEC-Book-2020_2023.pdf. — Дата доступа: 10.01.2024.
9. Всемирный день качества [Электронный ресурс]: Белорусский государственный институт метрологии. — Режим доступа: https://belgim.by/news/view?id=2286&category_id=1. — Дата доступа: 04.02.2024.
10. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 1352-2022. УСЛУГИ ТУРИСТИЧЕСКИЕ. Общие положения. Госстандарт. — Минск, 2022. — 17 с.
11. Об оказании туристических услуг [Электронный ресурс]: Пост. Сов. Министров Республики Беларусь № 523 от 11 августа 2022 г. // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200523>. — Дата доступа: 02.02.2024.

12. О защите прав потребителей [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь № 90-3 от 9 января 2002 г. / Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H10200090>. — Дата доступа: 01.02.2024.

13. Сертификация туристических услуг [Электронный ресурс]: БелГИСС. — Режим доступа: <https://belgiss.by/tourism>. — Дата доступа: 31.01.2024.

14. О техническом нормировании и стандартизации [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь № 148-3 от 5 января 2022г. / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=h10400262>. — Дата доступа: 01.02.2024.

15. Типологизация в туризме как инструмент формирования конкурентоспособного турпродукта (на примере Республики Беларусь) / З. М. Горбылева, И. А. Шамардина // Современные проблемы сервиса и туризма. — 2023. — № 1. — Том 17. — С. 58–69.

16. О ведении Единой классификации видов туризма в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Пост. Министерства спорта и туризма Республики Беларусь № 36 от 7 августа 2023 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22340307>. — Дата доступа: 02.02.2024.

17. О республиканском плане мероприятий по проведению в 2024 г. Года качества [Электронный ресурс]. — Пост. Совета Министров Республики Беларусь № 41 от 16 января 2024 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22400041>. — Дата доступа: 01.02.2024.

УДК 339.5

ОЦЕНКА ЭКСПОРТА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО ФАКТОРАМ СТОИМОСТИ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ И ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ

ASSESSMENT OF EXPORTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS BY FACTORS OF LABOR COST AND ADDED VALUE

А. Е. Дайнеко,

директор исполнительной дирекции Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, д-р экон. наук, профессор, академик НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

В. В. Кожар,

старший преподаватель, аспирант кафедры «Экономика и управление инновационными проектами в промышленности» Белорусского национального технического университета, магистр экон. наук, г. Минск, Республика Беларусь

A. Daineko,

Director of the Executive Directorate of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research, Doctor of Economics, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus

U. Kozhar,

Senior Lecturer, Postgraduate Student at the Department of Economics and Management of Innovative Projects in Industry, Belarusian National Technical University, Master of Economics,
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 19.02.2024.

Проанализированы основные тенденции динамики развития мирового экспорта и экспорта Республики Беларусь в разрезе видов экономической деятельности с 2016 по 2021 г. Исследована взаимосвязь ВВП Республики Беларусь с добавленной стоимостью экспорта по видам экономической деятельности. Проведена оценка степени влияния на ВВП и добавленную стоимость экспорта стоимости трудовых ресурсов. Исследовано влияние экспортной составляющей на параметры занятости и роста доходов населения. Определены перспективные направления наиболее эффективного развития экспортного потенциала Республики Беларусь с точки зрения роста ВВП и сбалансированности внешней торговли.

The main trends in the dynamics of development of world exports and exports of the Republic of Belarus in the context of types of economic activity in the period from 2016 to 2021 are analyzed. The relationship between the GDP of the Republic of Belarus and the added value of exports by type of economic activity has been studied. An assessment of the degree of influence of the cost of labor resources on GDP and added value of exports has been made. The influence of the export component

on the parameters of employment and income growth of the population has been studied. Prospective directions for the most effective development of the export potential of the Republic of Belarus in terms of GDP growth and balanced foreign trade have been identified.

Ключевые слова: внешняя торговля, экспорт, импорт, эффективность.

Key words: foreign trade, export, import, efficiency.

Вопросы увеличения экспортного потенциала субъектов внешнеторговой деятельности имеют важное значение для динамичного экономического развития Республики Беларусь. Большое внимание уделялось этой проблематике органами государственного управления и Президентом Республики Беларусь. Правовые нормы, регулирующие внешнеторговую деятельность в государстве, определены Законом Республики Беларусь от 25 ноября 2004 г. № 347-З «О государственном регулировании внешнеторговой деятельности» и Указом Президента Республики Беларусь от 5 апреля 2016 г. № 124 «О государственном регулировании внешнеторговой деятельности».

Экономика Республики Беларусь определяется учеными-экономистами как малая открытая экономика с учетом территории страны, размеру ВВП, численности населения, доли в мировом хозяйстве и экспортной квоте.

Большинство экономистов эффективность внешнеторговой деятельности предприятия, отрасли либо страны определяет с точки зрения бухгалтерской эффективности по соотношению выручка/затраты. Безусловно, такая позиция характеризует статистическое положение дел в определенный период. Однако, по мнению авторов, эффективность отраслевой внешнеторговой деятельности более объективно оценивается величиной добавленной стоимости, формируемой данным видом экономической деятельности в экспорте товаров и услуг. Следует отметить, что в классических теориях торговли основным фактором внешнеторговой деятельности является наличие избыточных для внутреннего рынка производственных ресурсов. Учитывая недостаточную сырьевую базу Республики Беларусь, основной упор в экспорте товаров и услуг в долгосрочной перспективе может опираться только на существующую и развивающуюся производственную базу (капитал) и на формируемые сравнительные преимущества в виде новых технологий, квалифицированной рабочей силы, интеллектуального капитала, приобретаемых в процессе целенаправленного воздействия на все составляющие их развития.

Крайне важна оценка влияния внешнеторговой деятельности на макроэкономические показатели экономики и выявление закономерностей воздействия на них различных воздействующих факторов. В статистических источниках и работах различных авторов приводится целый ряд параметров, характеризующих общее состояние и динамику развития экспортной составляющей экономики Республики Беларусь. Так, в работе [1] определяются основные параметры и условия характеризующие внешнеторговую деятельность страны экспортера (коэффициент экспортостоемости ВВП, коэффициент эластичности экспорта, индексы условий внешней торговли, коэффициент товарной специализации, коэффициент географической специализации, показатель внешней открытости, уровне и целый ряд других.

Дифференциация этих факторов по видам экономической деятельности и по товарным группам позволяет выделить наиболее перспективные факторы с точки зрения воздействия на макроэкономические и социально-экономические параметры экономики страны-экспортера.

Принимая во внимание значимость для оценки эффективности внешнеторговой деятельности объема и доли добавленной стоимости товара как по видам экономической деятельности, так и по товарным группам, введем коэффициенты, характеризующие экспорт именно с этой точки зрения. Определим коэффициент эффективности экспорта по добавленной стоимости по виду экономической деятельности как:

$$КДСэ_a = ДСэ_a / ВДС_a \times 100\% , \quad (1)$$

где $КДСэ_a$ — коэффициент эффективности экспорта по добавленной стоимости вида экономической деятельности «а»;

$ДСэ_a$ — добавленная стоимость в экспорте по виду экономической деятельности «а» за рассматриваемый период;

$ВДС_a$ — валовая добавленная стоимость в экономике государства по виду экономической деятельности «а» за рассматриваемый период.

В случае оценки эффективности по добавленной стоимости в разрезе товарных групп в качестве аргументов выступает добавленная стоимость экспорта по товарной группе и ВДС данной товарной группы в экономике государства.

Данное соотношение позволяет провести оценку условной эффективности экспорта по добавленной стоимости как в разрезе видов экономической деятельности, так и в разрезе товарных групп и единичных товаров.

Представляет интерес оценка степени воздействия добавленной стоимости экспорта на ВВП страны. Коэффициент, определяющий степень этого воздействия, будем определять следующим выражением:

$$\text{КДС(ВВП)}_{\text{э}_a} = \text{ДС}_{\text{э}_a} / \text{ВВП} \times 100\% , \quad (2)$$

где КДС(ВВП)_{э_a} — коэффициент удельного веса добавленной стоимости экспорта вида экономической деятельности в ВВП государства;

ДС_{э_a} — добавленная стоимость в экспорте по виду экономической деятельности «а» за рассматриваемый период;

ВВП — ВВП за рассматриваемый период.

Ниже авторами приводятся результаты расчетов и анализа воздействия ряда факторных групп белорусского экспорта на некоторые макроэкономические и социально экономические параметры с использованием приведенных соотношений.

Методология оценки внешнеторговой деятельности и степени ее воздействия на экономику Республики Беларусь, прогнозирование и управление процессами развития экспортной составляющей экономики в последнее время в связи с системными проблемами в мировой торговле и существенными ограничениями в свободном перемещении товаров в мировом рыночном приобретает все большую значимость.

Важным является исследование влияния экспорта Республики Беларусь в разрезе видов экономической деятельности на макроэкономические параметры Республики Беларусь и на социально-экономические процессы, происходящие в обществе. Необходима определенная систематизация критериев оценки такого явления, как внешнеторговая деятельность, на макроэкономические и социальные параметры. Это, помимо чисто экономической оценки действий хозяйствующего субъекта внешнеторговой деятельности, требует оценки результатов воздействия внешнеторговой деятельности на рост доходов населения, занятость, сбалансированность и гармонизацию развития внешнеторговой деятельности и развития экономики Республики Беларусь в целом, в среднесрочной и долгосрочной перспективах.

Анализ структуры экономики Республики Беларусь показывает, что именно внешнеторговая деятельность является одним из ключевых факторов, формирующим макроэкономические показатели страны в настоящее время и в ближайшем будущем. В соответствии с классическими теориями торговли условием для роста экспорта из страны является наличие и развитие сравнительных преимуществ. Следует отметить некоторые факты, которые являются принципиальными для существующей позиции Республики Беларусь в международной торговле и общей структуре экономики Республики Беларусь:

- *отраслевой производственный потенциал (производственные мощности, персонал, инфраструктура) значительно выше внутренних потребностей Республики Беларусь в товарах и услугах;*
- *большинство промышленных предприятий, работающих на экспорт, в больших объемах потребляют сырьевую и промежуточную продукцию, отсутствующую или не производимую в Республике Беларусь;*
- *не связанные с сырьевым импортом и импортом промежуточных товаров направления деятельности в большинстве своем позиционируются в сфере услуг [2].*

На основании данных, приведенных на рис. 1–3, следуют выводы:

- доля добавленной стоимости экспорта в общей добавленной стоимости в экономике Республики Беларусь составила от 32,6 % в 2016 г. до 36,7 % в 2021 г. при общей тенденции к росту около 2,0 % в год;
- доля добавленной стоимости экспорта услуг в общей добавленной стоимости в экономике Республики Беларусь составила от 10,2 % в 2016 г. до 10,9 % в 2021 г. при общей тенденции незначительного роста;
- спад доли добавленной стоимости общего экспорта и экспорта услуг в общей добавленной стоимости в 2020 г. произошел вследствие кризиса, вызванного пандемией COVID-19 и общим спадом международной торговли.

В табл. 1 приведены данные, характеризующие влияние экспорта товаров и услуг на социальные аспекты макроэкономической ситуации в Республике Беларусь в 2016–2021 гг. Занятость в экспорте товаров и услуг изменилась незначительно при росте фонда оплаты труда более чем в 2 раза.

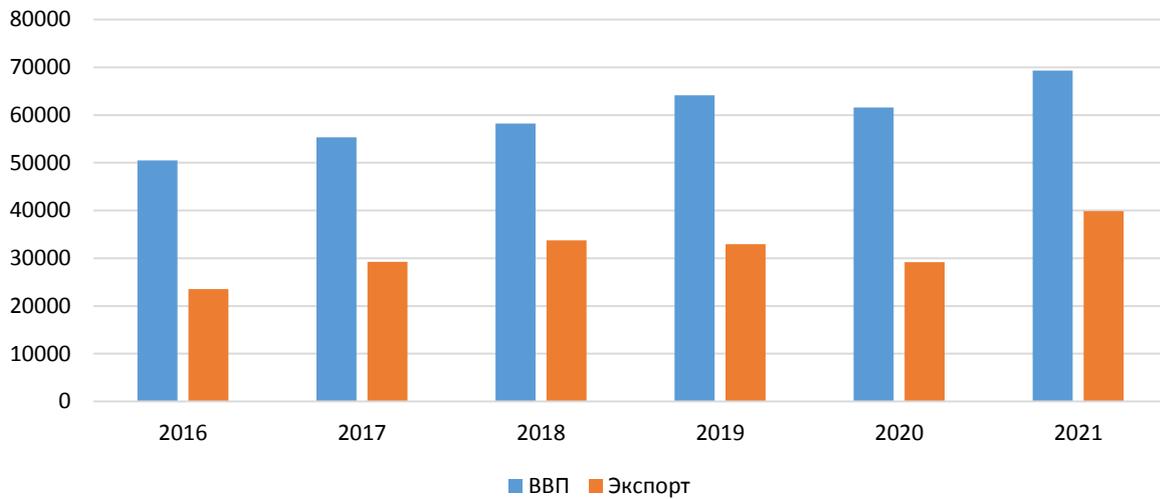


Рис. 1. Динамика общего экспорта и ВВП Республики Беларусь, млн долл. США

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 4].

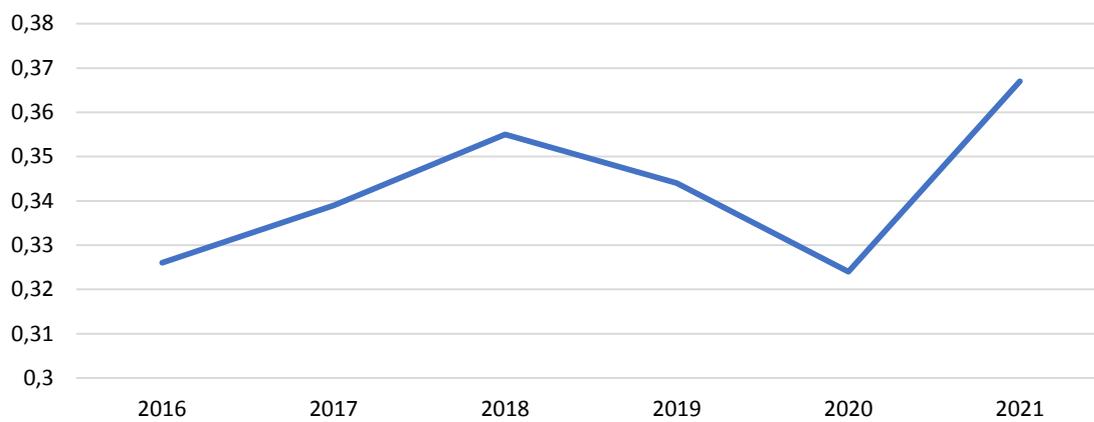


Рис. 2. Динамика доли добавленной стоимости общего экспорта в ВДС Республики Беларусь

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

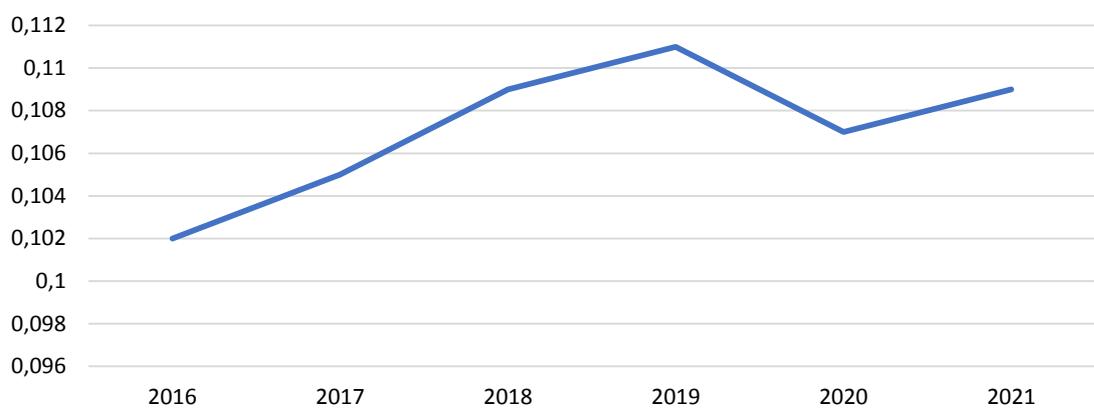


Рис. 3. Динамика доли добавленной стоимости экспорта услуг в ВДС

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

Занятость и фонд оплаты труда в экспорте товаров и услуг

	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Занятость в экспорте (тыс. чел.)	1440	1480	1544	1495	1403	1576
Фонд оплаты труда в экспорте (млн руб.)	14 663	16 886	20 707	22 651	29 378	30 314
Фонд оплаты труда в экономике (млн руб.)	44 844	49 666	58 166	65 657	73 017	82 377

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

Вместе с тем в экспорте товаров и услуг задействовано от 32,0 % занятого населения в экономике Республики Беларусь в 2016 г. до 36,0 % в 2021 г. Фонд оплаты труда занятого в экспорте населения возрос с 33,0 % в 2016 г. до 40,0 % в 2021 г. Таким образом экспорт товаров и услуг является одним из главных, системообразующих факторов в формировании занятости и уровня доходов населения Республики Беларусь.

Рассматривая более подробно экспортные позиции в основных видах производственной деятельности, имеющих значимые объемы экспорта, необходимо отметить существенные изменения в структуре экспорта и крайне разнонаправленные тенденции как в объемах, так и в эффективности их воздействия на экономику Республики Беларусь (рис. 4–5).

Обрабатывающая промышленность является наиболее значимым видом деятельности, обеспечивающим большую часть объема экспорта Республики Беларусь (см. рис. 3), при этом доля добавленной стоимости в экспорте по виду экономической деятельности «Обрабатывающая промышленность» при росте объемов экспорта в 2016–2021 гг. в 2,17 раза изменилась очень незначительно (табл. 2). Это свидетельствует о сохранении уровня обеспеченности сырьем, производственными мощностями, наличием трудовых ресурсов и рыночного спроса на внешних рынках. В экспорте сельскохозяйственной продукции добавленная стоимость экспорта, как и его объемы, выросла незначительно и с учетом уровня инфляции практически сохранилась в исследуемом периоде.

Таблица 2

Доля добавленной стоимости в объеме экспорта по некоторым видам экономической деятельности

	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Обрабатывающая промышленность, %	27,3	27,5	26,6	28,4	30,7	28,4
Сельское, лесное и рыбное хозяйство, %	39,4	38,7	40,5	40,5	41,0	41,0
Транспортная деятельность, %	85,7	82,7	81,2	68,42	66,1	53,0
Информация и связь, %	73,0	73,1	74,2	75,8	78,0	78,8

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

Добавленная стоимость в экспорте обрабатывающей промышленности в исследуемом периоде находилась в диапазоне от 27,3 до 30,7 % объема экспорта, что свидетельствует о значительной доле материальных затрат в общей структуре затрат [3], причем в значительной степени это импортированное сырье и промежуточная продукция с уплатой косвенных налогов по факту ее импорта.

За 2016–2021 гг. по экспорту вида услуг «Транспортная деятельность» при его общем росте в 1,9 раза значительно уменьшилась доля добавленной стоимости (с 87,5 до 53,0 %).

С точки зрения оценки эффективности экспорта товаров и услуг по видам экономической деятельности в ходе выполнения настоящей работы проведен анализ соотношения добавленной стоимости на одного занятого в экспорте товаров и услуг. На рис. 6 приведены результаты расчетов, показывающие, что максимальная добавленная стоимость в экспорте на одного занятого приходится на вид деятельности «Информация и связь». Подобное положение вызвано растущей востребованностью данного вида услуг на мировом рынке, кроме того, наличием в Республике Беларусь факторных преимуществ в виде высококвалифицированного персонала, сопутствующей инфраструктуры и сравнительно небольшой капиталоемкостью этого вида деятельности.

Транспортная деятельность, имевшая в 2016 г. более высокий уровень добавленной стоимости в экспорте на одного работающего (см. рис. 6), в настоящее время занимает в исследованной выборке последнее место, при том что доля добавленной стоимости в объеме экспорта снизилась с 87,5 % в 2016 г. до 53,0 % в 2021 г. (см. табл. 2). Развитие экспорта транспортных услуг в Республике Беларусь резко ограничивается стремительно растущей внешней конкуренцией и требует не только значительных капитальных вложений, но и внедрения высокопродуктивных цифровых методов управления.

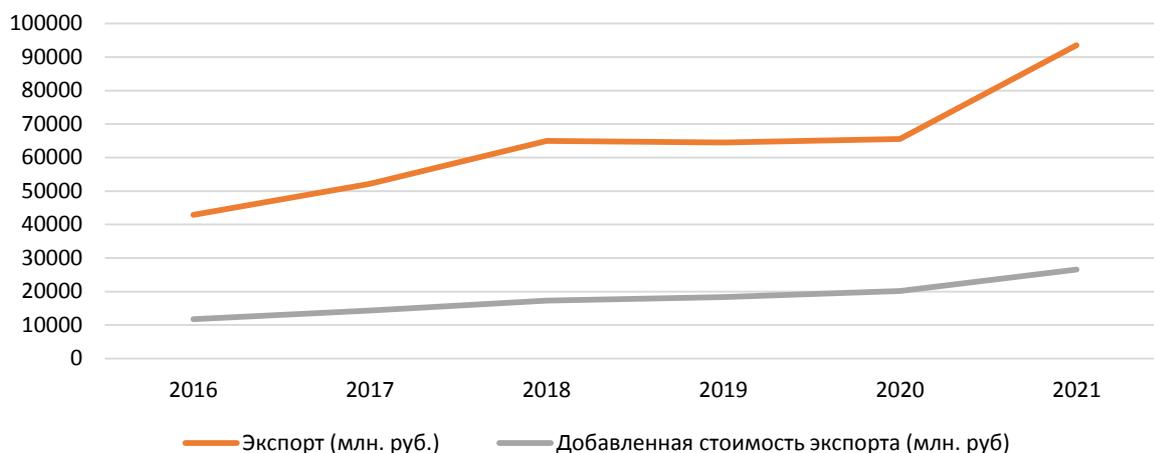


Рис. 4. Объем экспорта обрабатывающей промышленности и добавленная стоимость в экспорте обрабатывающей промышленности Республики Беларусь

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].



Рис. 5. Добавленная стоимость в экспорте товаров и услуг по значимым видам экономической деятельности

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

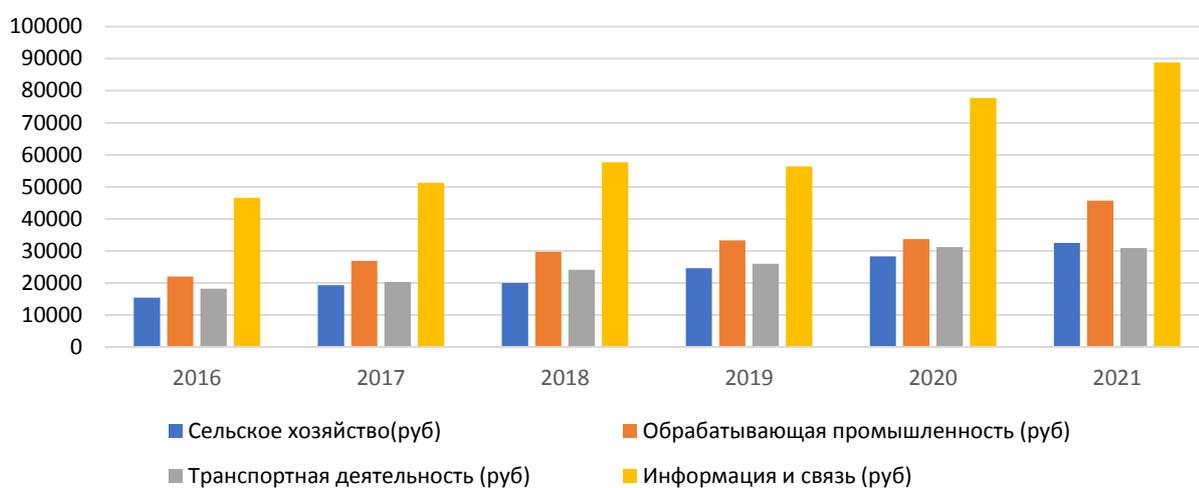


Рис. 6. Добавленная стоимость в экспорте Республики Беларусь по некоторым видам экономической деятельности на одного занятого в экспорте (руб./чел.)

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

Небезынтересен с точки зрения анализа процессов в экспорте параметр, характеризующий величину прироста добавленной стоимости на прирост 1 руб. стоимости рабочей силы в разрезе видов экономической деятельности. Из приведенных на рис. 7 данных следует, что наибольший удельный вес изменения стоимости трудовых ресурсов оказывается в обрабатывающей промышленности и в сельском хозяйстве. Эти виды производственной деятельности являются наиболее материалоемкими (стоимость импорта промежуточных товаров велика) и, как следствие, велика стоимость косвенных налогов и доля добавленной стоимости в объеме экспорта этих товарных групп. Вместе с тем замещение добавленной стоимости в промежуточном импорте, используемом для производства экспортной продукции в обрабатывающей промышленности на национальную добавленную стоимость (стоимость рабочей силы), оказывает воздействие почти в 2 раза большее, чем в экспорте сферы услуг.

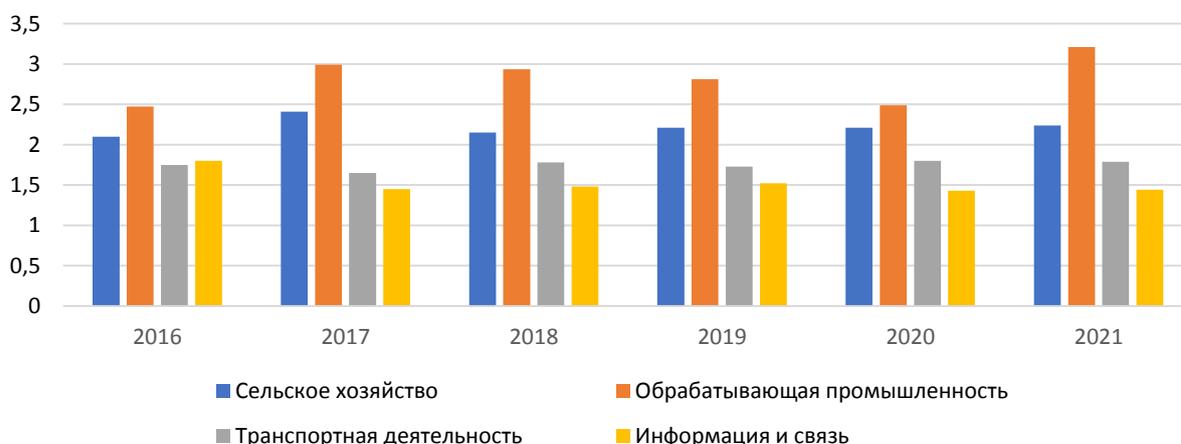


Рис. 7. Добавленная стоимость в экспорте Республики Беларусь по некоторым видам экономической деятельности на 1 руб. фонда оплаты труда работника, занятого в экспорте

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

Республика Беларусь в настоящее время располагает предпосылками (развитой факторной базой в виде квалифицированного персонала и инфраструктуры) в таких областях, как финансовая и страховая деятельность, деятельность в области здравоохранения и образования и ряде других отраслей, где в последнее время фиксируется определенный рост экспорта услуг, однако он пренебрежительно мал по сравнению с внутренним рынком, хотя пренебрегать внешним рынком по этим видам экономической деятельности недопустимо.

Развитие мировой торговли в настоящее время протекает со смещением добавленной стоимости цикла «разработка — производство — продажа» из зоны производства в зоны разработки и продажи товаров или услуг, причем сами производственные процессы вносят в стоимость товара меньше половины добавленной стоимости по циклу. Это смещение вызвано, во-первых, совершенствованием технологии производства и снижением вследствие этого его издержек и, во-вторых, ростом прямых трудовых затрат на развитие новых технологий, а также трудовых затрат в продажах (брендинг, эффективные технологии продаж и др.). Более 30 % добавленной стоимости в ТНК создается современными системами управления разработкой и сбытом продукции (рис. 8).

Методологическое применение общих теорий мировой торговли и мирового рынка в современных условиях требует учета ряда явлений, особенно ярко проявившихся в последние десятилетия. Наличие сравнительных преимуществ и избыточных факторов национального производства перестало быть единственным условием успешного развития внешнеторговой деятельности. Значительное влияние внешних неконтролируемых факторов, создающих препятствия для свободной конкуренции на мировом рынке, требует принятия решений, позволяющих нивелировать это воздействие на экспорт и экономику Республики Беларусь. Степень воздействия экспорта на параметры добавленной стоимости (ВВП), создаваемой в экономике Республики Беларусь, занятости и доходов населения превышает 35 % этих объемов. Наибольшую понятийную и смысловую нагрузку в текущих условиях приобретает термин «эффективность внешнеторговой деятельности национальной экономики». Проведенный в ходе выполнения данной работы анализ позволил сформулировать подход к оценке эффективности экспорта Республики Беларусь по ряду критериев, имеющих большую значимость в формировании таких показателей, как ВДС, занятость и доходы населения.

Исходя из данных табл. 3 и данных, приведенных в работе ранее, можно сделать следующие выводы. Доля добавленной стоимости в экспорте Республики Беларусь по состоянию на 2021 г. составила 36,15 %, при этом

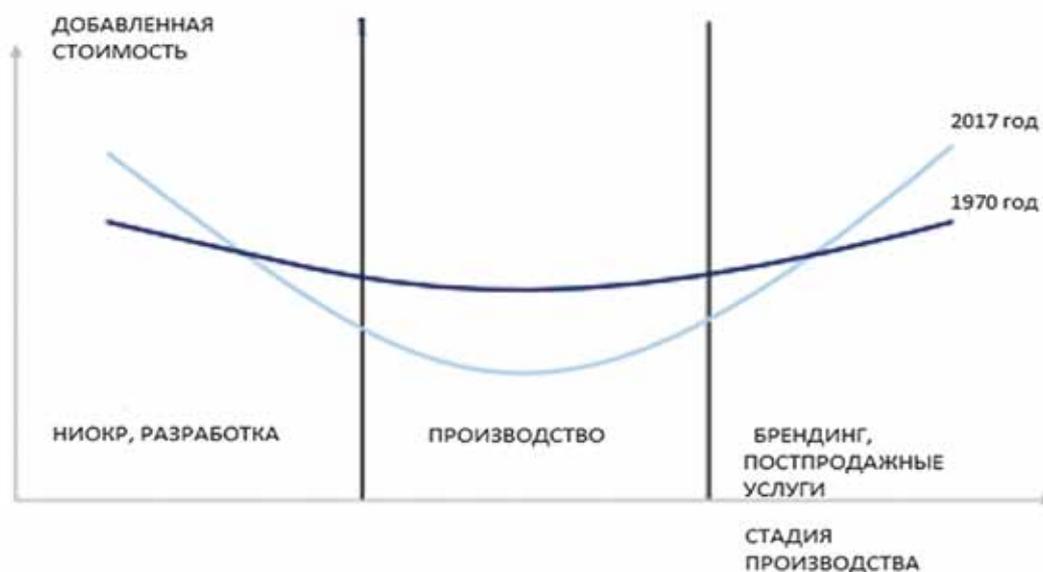


Рис. 8. Смещение распределения добавленной стоимости в область сопутствующих услуг в производстве товара

Источник: [6].

доля занятости от общего числа занятого населения составила 36,8 % населения. Это характеризует уровень зависимости ВВП, занятости, доходов населения от экспортной составляющей национальной экономики. Выборка видов деятельности для анализа показала, что эффективность по видам деятельности в части добавленной стоимости на занятого практически не изменялся в исследуемом периоде в обрабатывающей промышленности и сельском хозяйстве. Значительный рост по виду производственной деятельности «Информация и связь» поддерживается устойчивым спросом на мировом рынке и наличием факторного преимущества в виде развитой инфраструктуры и высококвалифицированных трудовых ресурсов, избыточных для внутреннего рынка Республики Беларусь. По виду производственной деятельности «Транспортная деятельность» зафиксировано снижение показателей добавленной стоимости экспорта на одного занятого и доли добавленной стоимости в объемах экспорта. Эти изменения вызваны резким ростом конкурентной среды в сфере перевозок и воздействием неконтролируемых факторов на отрасль.

Таблица 3

Эффективность экспорта по выборке видов экономической деятельности в добавленной стоимости, занятости и доходах работников (2021 г.)

Виды деятельности	Доля добавленной стоимости экспорта по видам экономической деятельности по отношению к ВДС экономики Беларуси, %	Доля занятости в экспорте по виду экономической деятельности по отношению к общей по экономике, %	Добавленная стоимость в экспорте на занятого по виду экономической деятельности, руб./чел. в год	Фонд оплаты труда в экспорте на занятого по виду экономической деятельности, руб./чел в год
Экономика Республики Беларусь	36,15	36,8	36 157	19 234
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	0,4	0,43	32 500	12 687
Обрабатывающая промышленность	17,1	13,5	45 707	14 232
Транспортная деятельность	3,8	4,4	30 888	17 194
Информация и связь	4,2	1,6	88 836	61 772

Источник: авторская разработка на основе данных [3, 5].

В целом внешнеторговая деятельность государства неразрывно связана с экономическими процессами, протекающими как внутри страны, так и во внешнем экономическом пространстве. В мировой экономике все большее распространение приобретает теория сетевого производства и торговли. На смену последовательным

иерархически управляемым процессам развития приходят процессы создания горизонтально интегрированных экономических систем с высоким уровнем саморегулирования. Участие контрагентов Республики Беларусь в подобных системах должно обеспечить появление синергетического эффекта роста экономики. По мнению авторов, именно такие типы связей и разделения труда будут в перспективе определять эффективность и конкурентоспособность белорусского экспорта. Основной парадигмой успешного развития станет нелинейно растущая область новых продуктов, технологий и методов формирования новой экономики.

Выводы.

1. В Республике Беларусь существует позитивный опыт создания кластерных высокотехнологичных систем в высокотехнологичных отраслях, работающих в направлении экспорта с высокой эффективностью. Рост объемов оказываемых услуг по виду деятельности «Информация и связь» значительно вырос в последние годы и оказывает заметное влияние на рост ВВП, сальдо внешней торговли, рост доходов населения. Целесообразно распространение этой практики на сектор реального производства с использованием высокотехнологичных цифровых методов управления процессами разработки, производства и продаж с обязательным входением в системы мирового и региональных рынков.

2. Основной объем экспорта в Республике Беларусь обеспечивается обрабатывающей промышленностью, но добавленная стоимость в экспорте по данному виду производственной деятельности в расчете на одного занятого сравнительно низка и это требует принятия корректирующих мер. Целесообразным будет при входении на рынок Республики Беларусь внешних контрагентов ввести в практику равнозначной экспортной компенсации в виде встречного экспорта из Республики Беларусь.

3. Сетевые и кластерные модели развития конкурентоспособности требуют создания институциональных условий для их успешного функционирования. Наличие устойчивой правовой базы, свободного недискриминационного доступа к финансовым и инфраструктурным ресурсам и возможности получения государственной поддержки обеспечат опережающие развитие конкурентоспособных наукоемких высокотехнологичных отраслей.

4. Мировой опыт последних лет показывает, что практика размещения элементов технологического цикла производства в странах с низкой стоимостью трудовых ресурсов начинает замещаться практикой их возврата в экономическую юрисдикцию страны происхождения. Развитые страны активно инвестируют в производства с высокой степенью автоматизации и производительности труда для обеспечения конкурентных свойств товара на мировом рынке.

5. В целях наращивания экспортного потенциала национальной экономики на мировом рынке необходимо создание системы формирования интеллектуального капитала через систему подготовки и переподготовки специалистов. Формирование компетенций в области подготовки специалистов должно опираться на глубокий анализ структуры знаний, необходимых для создания и производства конкурентных, экспортно ориентированных товаров и услуг.

6. Целесообразно формирование нормативной базы внешнеторговой деятельности в части налогообложения и других стимулирующих факторов осуществлять в формате немедленного реагирования на изменение конъюнктуры мирового рынка и условий ведения международной торговли (многие продукты современных технологий имеют срок жизни 2–3 года).

7. Объективно необходимо формирование национальной системы экономических и социальных мотиваций для развития экспортного потенциала Республики Беларусь как для юридических лиц, так и для трудовых ресурсов.

8. Динамизм и скоротечность процессов в пространстве мирового рынка, сокращение эффективного времени жизненного цикла товаров, их постоянное совершенствование и появление новых продуктов делает обязательным использование новейших информационно-коммуникационных технологий. Цифровизация позволяет ускорить цикл разработки, производства и продаж, расширить товарные рынки, увеличить эффективность использования ресурсной базы и существенно увеличить конкурентоспособность на мировом рынке.

Используемые источники информации:

1. Векторы эффективности экономики Беларуси: избр. науч. труды / А. Е. Дайнеко. — Минск: Право и экономика, 2021. — 590 с.
2. Дайнеко, А. Е. Внешняя торговля Республики Беларусь в условиях санкций и кризиса мировой экономики / А. Е. Дайнеко, В. В. Кожар // Наука и инновации. — 2024. — № 1 (251). — С. 54–61.
3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. — Дата доступа: 05.01.2024.
4. ИТС Trade Map [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.trademap.org/>. — Дата доступа: 05.01.2024.
5. Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.nbrb.by/>. — Дата доступа: 05.01.2024.
6. Intangible Capital in Global Value Chains (World Intellectual Property Report 2017) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2017.pdf. — Дата доступа: 10.01.2024.

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.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 5 января 2023 г. № 2 журнал входит в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим (машиностроение и машиноведение; приборостроение, метрология и информационно-измерительные системы) 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 **doroshuk@belisa.org.by** или **sudilovskaya@belisa.org.by**. Названия прикрепленных к письму файлов должны включать фамилии авторов.

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

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

6. Рукописи статей должны включать следующие элементы:

- **индекс УДК** (<http://udc.biblio.uspu.ru/>);
- **название статьи на русском и английском языках**;
- **сведения об авторах** (для каждого из авторов) **на русском и английском языках**: фамилия, имя, отчество; долж-

ность, ученая степень, ученое звание; название организации, в которой работает (учится), город, страна;

- аннотацию (резюме) (до 100–150 слов, или 600–800 печатных знаков) к статье **на русском и английском языках**;
- ключевые слова или словосочетания (до 15) **на русском и английском языках** (ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой);
- полный текст статьи;
- библиографический список литературы (только на языке оригинала).

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

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

9. Основным шрифтом набираются: греческие и русские буквы; математические символы (sin, lg); символы химических элементов (C, Cl, CHCl₃); цифры (римские и арабские); векторы, индексы (верхние и нижние), являющиеся сокращениями слов. Курсивом набираются латинские буквы: переменные, символы физических величин (в том числе и в индексе). Жирным шрифтом набираются векторы (стрелки сверху не ставятся), а также слова и цифры, которые нужно выделить. Формулы с дробными, 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 (€, ±, ', ¹, ¥, °, ¢ 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 непубликованные 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 рецензию доктора или кандидата наук, заверенную в установленном порядке.

Внутреннее рецензирование осуществляется членами редакционной коллегии соответствующего научного профиля с ученой степенью доктора или кандидата наук, назначаемыми главным редактором.

Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. При наличии замечаний со стороны внутреннего рецензента статья возвращается автору на доработку. Исправленная статья повторно направляется на рецензирование. Датой поступления статьи считается день получения редакцией окончательного варианта статьи.

В случае отказа в опубликовании представленных материалов редакция не дает письменного заключения о причинах такого решения, не знакомит автора с результатами рецензирования и не возвращает поступившие материалы.

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

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

18. Этика научных публикаций.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

18.9. Приватная информация или идеи, возникшие в процессе рецензирования, должны оставаться 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 публикации.

18.10. Рецензенты или кто-либо из сотрудников штата 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**

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

- Комплексные навигационные системы различной точности
- Инерциальные навигационные системы
- Блоки измерительные спутниковые
- Цифровые датчики пути
- Двухкоординатные датчики угла
- Цифровые указатели азимута
- Цифровые магнитные компасы
- Прецизионные датчики угла



Республика Беларусь, 220114, г. Минск, а/я 260
Тел.: (+375 17) 336-37-02, 336-37-08, факс: (+375 17) 336-37-09,
e-mail: office@okbtsp.com

