#### КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО • ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

ЭЛЕКТРОННОЕ ДОПОЛНЕНИЕ

#### УЧРЕДИТЕЛИ:

ОАО «АвтоВАЗ»;

Московский государственный технологический университет «Станкин»; ОАО «Тяжмехпресс»;

ООО «КШП ОМД»

#### СОДЕРЖАНИЕ

	CMA30	чные	MATER	РИАЛЫ
--	-------	------	-------	-------

Муслимов Н. Ж., Оспанов А., Тимурбекова А. К., Далабаев А. Б., Садибаев А. К., Молдакаримов А. А. Гидродинамическая экстракция пророщенных семян масличных культур для биосмазок
Оспанов А., Тимурбекова А. К., Муслимов Н. Ж., Далабаев А. Б., Садибаев А. К., Молдакаримов А. А. Экспериментальное обоснование технологии масляной присадки на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя
Муслимов Н. Ж., Оспанов А., Тимурбекова А. К., Далабаев А. Б., Садибаев А. К., Молдакаримов А. А. Динамика сушки пророщенного зерна для создания антиоксидантных добавок в смазочных составах
Далабаев А. Б., Альжаксина Н. Е., Мантай М. С., Саршаева А. Б. Использование глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах: значение и применение
Альжаксина Н. Е., Далабаев А. Б., Мантай М. С., Саршаева А. Б. Уровни образования глицидиловых эфиров для использования в промышленных смазочных материалах
Далабаев А. Б., Альжаксина Н. Е., Мантай М. С., Саршаева А. Б. Снижение содержания 3-MCPD и глицидиловых эфиров для улучшения промышленных смазок
АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ
Красюкова Н. Л. Анализ применения инструментов стратегического управления цифровой трансформацией государственной промышленной политики
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ
Данилькевич М. А. Цифровизация городского управления: роль промышленного производства
Беляев А. М. О плюсах и минусах развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации
Полийчук А. С. Эффективное управление экономикой добывающей промышленности в контексте борьбы с нелегальными финансовыми операциями
Кабалинский А. И. Промышленная политика регионов России в условиях трансформации глобальной экономики
Веретехина С. В. Предложение по разработке нового вида паспорта интегрированной логистической поддержки для экспортируемой наукоемкой продукции
ИСПЫТАНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬ
Веретехина С. В. Непараметрический метод эконометрического моделирования на основе показателя поддерживаемости, который выступает «экономическим барометром» планируемой нормы прибыли150
БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА
Завьялов Д. Е., Скрипка А. В., Османов Ш. А. Причины возникновения

аварийных ситуаций на нефтегазовых предприятиях...

комплекса RIVER HOUSE.

Вагин А. В., Елисеев И. Б., Маер О. М., Вирячев В. В. Актуализация требований пожарной безопасности к эксплуатируемым зданиям сложной планировочной структуры на примере торгово-развлекательного Главный редактор

А. Н. Абрамов

Зам. главного редактора:

В. А. Мальгинов

Редакционная коллегия:

Л. Б. Аксёнов, И. С. Алиев (Украина),

Д. Банабик (Румыния), Р. З. Валиев,

И. Ю. Ваславская, А. М. Володин

А. Л. Воронцов, Ф. В. Гречников,

Ж. Журко (Словакия), А. И. Канарейкин,

А. П. Ковалёв, А. В. Корнилова, А. Т. Крук, В. Д. Кухарь, А. Ф. Лещинская, А. Миленин

(Польша), И. Я. Мовшович (Украина),

Р. И. Непершин, С. С. Одинг, Н. П. Петров И. И. Просвирина, Г. И. Рааб,

Е. Н. Сосёнушкин, С. А. Стебунов,

А. И. Стешин, В. А. Тюрин, Ф. З. Утяшев,

В. Г. Шибаков, В. Ю. Шолом

Редакция:

#### 000 «КШП ОМД»

Адрес редакции: 143987, Московская обл., г. Балашиха (мкр. Железнодорожный), ул. Советская, д.42,

E-mail: kshp-omd@mail.ru

www.kshp-omd.ru

Адрес для отправки корреспонденции: 143987, Московская обл., г. Балашиха (мкр. Железнодорожный), ул. Советская, д.42, кв.41 (для «КШП ОМД»)

Решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ журнал включен в «Перечень ведущих научных журналов и́ изданий…», в которых публикуются результаты диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата и доктора технических наук.

ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ЭТИКЕ ПУБЛИКАЦИЙ И НЕДОБРОСОВЕСТНОЙ ПРАКТИКЕ

Редакционная коллегия, авторы и рецензенты научно-технического журнала «КШП. ОМД» берут на себя обязательство придерживаться международных этических стандартов и принципов, основанных на Кодексе Комитета по этике научных публикаций. Во избежание недобросовестной издательской практики (плагиата, незаконного присвоения чужих идей, фальсификации данных преднамеренных искажений и т.д.), а также для поддержания высокого качества научных публикаций редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения этих норм.

#### FORGING AND STAMPING PRODUCTION . MATERIAL WORKING BY PRESSURE

ELECTRONIC ADDITION

#### FOUNDERIES:

Public Company «AutoVAZ»;
Moscow State Technological University «Stankin»;
Public Company «Tyazhmekhpress»;
«KSHP OMD» Ltd

#### **CONTENTS**

#### LUBRICANTS

2024011110
Muslimov N. Zh., Ospanov A., Temirbekova A. K., Dalabaev A. B., Sadibaev A. K., Moldakarimov A. A. Hydrodynamic extraction of sprouted seeds of oilseeds for biolubricants
Ospanov A., Temirbekova A. K., Muslimov N. Zh., Dalabaev A. B., Sadibaev A. K., Moldakarimov A. A. Experimental substantiation of the oil additive technology based on an extract from sprouted barley grain58
Muslimov N. Zh., Ospanov A., Temirbekova A. K., Dalabaev A. B., Sadibaev A. K., Moldakarimov A. A. Dynamics of drying of sprouted grain for antioxidant additives in lubricants
Dalabaev A. B., Alzhaksina N. E., Mantai M. S., Sarshaeva A. B. Utilizing glycidyl esters in industrial lubricants: importance and use77
Alzhaksina N. E., Dalabaev A. B., Mantai M. S., Sarshaeva A. B. Levels of formation of glycidyl esters for use in industrial lubricants85
Dalabaev A. B., Alzhaksina N. E., Mantai M. S., Sarshaeva A. B. Reducing the content of 3-MCPD and glycidyl esters to improve industrial lubricants91
PRODUCTION CONTROL AUTOMATION
Krasyukova N. L. Analysis of the use of strategic management tools for the digital transformation of state industrial policy98
ECONOMY, MANAGEMENT, MARKETING
Danilkevich M. A. Digitalization of local administration: the role of industrial production
Belyaev A. M. On the pluses and minuses of the development of the manufacturing industry of the Russian federation116
Poliychuk A. S. Effective management of the extractive industry economy in the context of combating illegal financial transactions123
Kabalinskii A. I. Industrial policy of Russian regions in the context of the transformation of the global economy134
Veretekhina S. V. On the development of a new type of passport for integrated logistics support for exported science-intensive products140
TESTS, MEASUREMENTS AND CONTROL
Veretekhina S. V. Nonparametric method of econometric modeling based on the maintenance index, which acts as an «economic barometer» of the planned rate of return
SAFETY AND LABOR PROTECTION
Zavyalov D. E., Skripka A. V., Osmanov S. A. Reasons for emergencies at oil and gas enterprises
Vagin A. V., Eliseev I. B., Mayer O. M., Viryachev V. V. Updating fire safety requirements for operating buildings of complex planning structure
using the example of the RIVER HOUSE shopping and entertainment

complex...

 $Editor\hbox{-}in\hbox{-}chief$ 

A. N. Abramov

Deputy editor-in-chief:

V. A. Malginov

#### Editorial board:

L. B. Aksenov, I. S. Aliyev (Ukraine),
D. Banabic (Romania),
R. Z. Valiev, I. Yu. Vaslavskaya, A. M. Volodin,
A. L. Vorontsov, F. V. Grechnikov,
J. Jurko (Slovak Republic), A. I. Kanareykin,
A. P. Kovalev, A. V. Kornilova, A. T. Krouk,
V. D. Kukhar', A. F. Leshchinskaya,
A. Milenin (Poland), I. Ya. Movshovich (Ukraine),
R. I. Nepershin, S. S. Oding, N. P. Petrov,
I. I. Prosvirina, G. I. Raab, E. N. Sosenushkin,
S. A. Stebounov, A. I. Steshin, V. A. Tyurin,
F. Z. Utyashev, V. G. Shibakov, V. Yu. Sholom

### Editorial staff: «KSHPOMD» Ltd

Postal adress: 143987, Moscow region, Balashikha (md. Zheleznodorozhny), Sovetskaya st., 42, 41 E-mail: kshp-omd@mail.ru www.kshp-omd.ru

STATEMENT ON THE ETHICS OF PUBLICATIONS AND UNDERWATER PRACTICE

The editorial board, authors and reviewers of the scientific, technical and production journal «Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem» commit to follow the international ethical standards and principles based on the Code of The Committee on Publication Ethics (COPE).

To avoid unfair publishing practices (plagiarism, misappropriation of others' ideas, falsification of data, deliberate distortions, etc.), and to maintain the high quality of scientific publications, the editors reserve the right to refuse publication of the article in case of violation of these norms.

© We warn about legal protection of journal name and trade mark as well as copyright of publishing materials.



#### СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 66.061.3:621.892

Н. Ж. МУСЛИМОВ, д-р техн. наук (Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Муртаза, г. Тараз, Казахстан); А. ОСПАНОВ, д-р техн. наук; А. К. ТИМУРБЕКОВА, канд. техн. наук (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан); А. Б. ДАЛАБАЕВ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. К. САДИБАЕВ, канд. техн. наук (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан); А. А. МОЛДАКАРИМОВ (Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан) E-mail: n.muslimov@inbox.ru

N. J. Muslimov (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan); A. Ospanov, A. K. Timurbekova (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan); A. B. Dalabayev (Astana branch of the Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. K. Sadibaev (Taraz Regional University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan); A. A. Moldakarimov (Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan)

# Гидродинамическая экстракция пророщенных семян масличных культур для биосмазок

### Hydrodynamic extraction of sprouted oilseeds for biolubricants

Исследования направлены на гидродинамическую экстракцию проросших семян масличных культур, таких как подсолнечник, сафлор и рапс, с целью получения компонентов биосмазок. Эксперименты проводятся в различных режимах потока и температурных условиях, полученные экстракты анализировались методами ВЭЖХ и масс-спектроскопии. Наибольший выход экстрагируемых компонентов наблюдается в проросших семенах подсолнечника при температуре 60 °С и турбулентном режиме течения. Химический анализ выявляет наличие полифенолов, жирных кислот и аминокислот с высокими антиоксидантными и противогрибковыми свойствами, что подтверждает их потенциальную эффективность в качестве компонентов биосмазки.

The research focuses on the hydrodynamic extraction of sprouted seeds of oilseeds, such as sunflower, safflower and rapeseed, in order to obtain components for biolubricants. The experiments were carried out in various flow regimes and temperature conditions, and the obtained extracts were analyzed using HPLC and mass spectroscopy. The highest yield of extracted components was observed in sprouted sunflower seeds at a temperature of 60 °C and a turbulent flow regime. Chemical analysis revealed the presence of polyphenols, fatty acids and amino acids with high antioxidant and anti-fungal properties, which confirms their potential effectiveness as bio-lubricating components.

**Ключевые слова**: гидродинамическая экстракция; пророщенные семена; масличные культуры; продукты переработки; нутриенты; проращивание.

**Keywords**: hydrodynamic extraction; germinated seeds; oilseeds; processed products; nutrients; germination.

Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна злаковых культур» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан 2021–2023 гг. (BR10764977).

Исследование гидродинамической экстракции пророщенных семян масличных культур представляет собой стратегически значимый подход к разработке биосмазок промышленного назначения. В последние годы обострение экологических проблем и требований к устойчивому развитию промышленности акцентирует внимание на поиске экологически чистых и эффективных материалов. Один из таких материалов, которые можно применять в качестве базовых компонентов для промышленных смазок, масла, полученные из пророщенных семян масличных культур. Процесс гидродинамической экстракции обеспечивает не только высокую степень извлечения масла, но и сохранение его функциональных и физико-химических свойств, таких как антиоксидантная активность, термоокислительная стабильность, и вязкостные характеристики. Экспериментальные и теоретические исследования в этой области подтверждают возможность оптимизации процесса экстракции с использованием различных переменных, таких как скорость потока растворителя, температура и давление.

Семена масличных культур, таких как рапс, соя и подсолнечник, представляют собой идеальный источник липидов для создания промышленных смазок. При этом, проращивание этих семян способствует улучшению качества масла, в частности, увеличению содержания полиненасыщен-

ных жирных кислот и фитостеролов, которые добавляют смазочным материалам дополнительные преимущества в плане устойчивости и эффективности. Гидродинамическая экстракция позволяет использовать пророщенные семена масличных культур для получения масел с высоким содержанием функциональных компонентов. Это актуально для промышленности, стремящейся к «зеленой химии», и в контексте замены минеральных масел на биосмазки в различных отраслях — от автомобильной промышленности до производства электрооборудования [1–3].

Объектом данного исследования являются пророщенные семена различных масличных культур: подсолнечника, сафлора, рапса и льна, а также их экстракты, полученные с использованием гидродинамических методов.

*Цель данной работы* — характеристика гидродинамических параметров процесса экстракции и последующая химическую аналитика выделенных компонентов для определения потенциальной пригодности исследуемых объектов для использования в качестве биосмазочных материалов.

#### Материалы и методы

В качестве объектов исследования выбраны семена масличных культур урожая 2021 г.: подсолнечник сорт «Рауан», лен масличный сорт «Костанайский», сафлор сорт











Рис. 1. Объекты исследования - масличные культуры

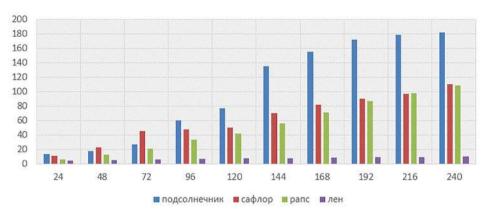


Рис. 2. Динамика роста объектов исследования при проращивании семян масличных культур

Таблица 1

Нормативно-техническая документация на масличные культуры
---

$N_{\underline{0}}$	Культура	Наименование стандарта			
1	1 Подсолнечник СТ РК 1359-2005 «Семена масличных культур. Семена под вые и посевные качества. ТУ»				
2	Лен	СТ РК 1361-2005 «Семена масличных культур. Семена льна масличного сортовые и посевные качества. ТУ»			
3	Сафлор	СТ РК 1364-2005 «Семена масличных культур. Семена сафлора сортовые и посевные качества. ТУ»			
4	Рапс	СТ РК 1365-2005 «Семена масличных культур. Семена рапса сортовые и посевные качества. ТУ»			

«Ника 80», яровой рапс сорт «Гульсары» (см. рис. 1). Представленные сорта являются последними селекционными достижениями ведущих коллективов научно-производственных центров в области растениеводства.

Экстракция проводится с использованием гидродинамического аппарата с применением различных режимов течения (ламинарного и турбулентного) и температурных параметров (от 25 до 65 °C). Для аналитической характеристики экстрактов применялись методы высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и спектроскопии масс. Данные подвергаются

статистическому анализу с использованием методов многофакторного дисперсионного анализа.

#### Результаты и обсуждение

Отобранные пробы масличных культур соответствуют требованиям нормативно-технической документации, представленной в табл. 1.

После изучения качества масличных культур семена проращивают в лабораторных проращивателях. В этой связи, изучают динамику образования вегетативной массы. На рис. 2 представлена динамика изменения длины пророщенного объекта иссле-

дования  $(L, \, \text{мм})$  от продолжительности процесса проращивания  $(t, \, \mathbf{q})$  семян масличных культур.

Наименьшими значениями образования вегетативной массы характеризуются семена льна масличного. При их проращивании 24 ч длина семян льна составляет 4,5 мм. Увеличение сроков проращивания до 120 ч приводит к увеличению длины пророщенных семян льна до 7,5 мм, а при увеличении t до 240 ч длина вегетативной массы составляет 10,2 мм.

После образования вегетативной массы приступают к изучению процесса получения концентратов на основе пророщенных семян масличных культур (гидродинамическая экстракция). Экспериментальные исследования проводят на лабораторной установке производства АО «АгроМаш» (см. рис. 3).









Рис. 3. Испытания установки гидродинамической экстракции

Оценка эффективности процесса определяется выходом экстракта из пророщенных масличных культур методом гидродинамической экстракции. В результате анализа литературных данных установлено, что на эффективность ведения процесса экстракции оказывает влияние: продолжительность экстракции (t, мин) и концентрация пророщенного зерна (C, %). Результаты

экспериментальных исследований по изучению гидродинамической экстракции представлены в табл. 2.

Для получения уравнений регрессии, которые наиболее точно описывают изучаемый процесс, используется ротатабельный план второго порядка (план Бокса), когда число факторов K=2, число опытов плана более 20, число опытов в нулевой точке составляет 6 и число коэффициентов уравнения — 10.

Математическую обработку экспреиментальных данных проводят по программе, разработанной в среде *Microsoft Excel*. Полученные уравнения регрессии в кодированных значениях имеют вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2.$$
 (1)

Подставляя расчетные значения коэффициентов имеем:

• для подсолнечника [4]

$$y = 2,2558+0,152x_1+0,8548x_2+0,1025x_1x_2+$$

$$+0,1207x_1^2+0,1058x_2^2;$$
 (2)

• для рапса [5]

$$y = 2,6485 - 0,1222x_1 + 0,8919x_2 + 0,0275x_1x_2 +$$

$$+0.0693x_1^2 - 0.1022x_2^2;$$
 (3)

для сафлора [6]

$$y = 2,5346+0,1478x_1+0,8366x_2+$$

$$+0.0925x_1x_2+0.1201x_1^2+0.0282x_2^2;$$
 (4)

• для льна [7]

$$y = 2,7465+0,1207x_1+0,8673x_2+$$

$$+0.06x_1x_2+0.0687x_1^2-0.1947x_2^2$$
. (5)

На основании уравнения регрессии строятся графики зависимости, характеризующие поверхности отклика и контуры двумерных сечений  $y = f(x_1, x_2)$ , при  $x_1 = x_2 = 0$ . На рис. 4 представлены диаграммы зависимостей выхода экстракта из пророщенных семян масличных культур от продолжительности экстракции и концентрации растворов.

После определения оптимальных параметров гидродинамической экстракции



 $\begin{tabular}{ll} $\it Tafnuya 2$ \\ \begin{tabular}{ll} \begin{tabular}{ll} $\it Pesynstatis } \it nafopatophis исследований по изучению гидродинамической экстракции пророщенного зерна масличных культур на экспериментальной установке \end{tabular}$ 

No	Натуральные значения возмущающих факторов		Объекты исследования					
	<i>t</i> , мин	C, %	подсолнечник	рапс	сафлор	лен		
1	40	10	1,83	1,86	2,05	1,85		
2	40	28	2,88	3,18	3,16	3,19		
3	80	10	1,93	2,04	2,16	1,98		
4	80	28	3,39	3,47	3,64	3,56		
5	20	19	2,28	2,61	2,52	2,72		
6	100	19	2,71	2,97	2,94	3,05		
7	60	1	0,93	0,89	1,09	0,93		
8	60	37	4,0	4,0	4,0	3,78		
9	60	19	2,25	2,61	2,51	2,77		

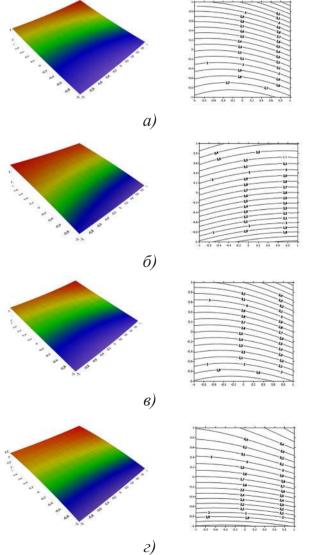


Рис. 4. Диаграмма зависимости выхода экстракта из пророщенных семян подсолнечника (a), рапса (б), сафлора (в) и льна (г) от продолжительности экстракции и концентрации растворов

пророщенных семян масличных культур, изучали биологическую ценность полученных напитков, составленных на основе экстрактов из семян пророщенных масличных культур (см. рис. 5).

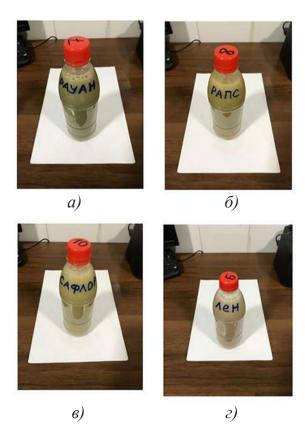


Рис. 5. Экстракты из пророщенного зерна подсолнечника (a), рапса  $(\delta)$ , сафлора (s) и льна (z), полученные методом гидродинамической экстракции



 Таблица 3

 Результаты биохимического анализа экстрактов из масличных культур

No	Наименование показателя Подсолнечник		Лен	Рапс	Сафлор	
	đ	Ризико-химические	е показатели			
1	Содержание полифенолов, %	2,28	2,43	2,18	1,36	
2	Массовая доля флаванойдов, %	0,752	1,021	0,807	0,544	
3	Жирорастворимые антиоксиданты, мг/г	0,17±0,001	0,32±0,004	0,23±0,005	0,31±0,007	
4	Водорастворимые антиоксиданты, мг/г	0,14±0,0016	0,25±0,0035	0,16±0,023	0,21±0,0009	
		Органические в	сислоты			
5.1	Винная кислота, г/л	490±98	300±60	480±96	130,0±26	
5.2	Янтарная, мг/л	170±34	450±90	390±78	290±58	
5.3	Молочная, мг/л	190±38	250±50	_	230±46	
5.4	Фосфатная, мг/л	20,0±4,0	7,8±1,56	17±3,4	13,0±2,6	
5.5	Уксусная, мг/л	6,4±1,28	15±3,0	22,0±4,4	14,0±2,8	
5.6	Щавелевая, мг/л	_	_	_	20,0±4,0	
5.7	Муравьиная, мг/л	61,0±12,2	820±164	92,0±18	200±40,0	
5.8	Яблочная, мг/л	67,0±13,4	340±68	62,0±12,4	_	
5.9	Лимонная, мг/л	140±28	_	150±30	210±42	
		Витамины,	мг/л			
6	А, мг/100 г	_	0,23	_	_	
7	Е, мг/100 г	_	_	_	_	
8	α-токоферол	_	_	_	_	
9	β-токоферол	0,18	_	_	_	
10	ү-токоферол	_	1,08	0,22	0,15	
11	δ-токоферол	_	_	_	_	
	Водорастворимые витамины					
12.1	$\mathrm{B}_{\mathrm{1}}$ , мг/100 г	_	_	_	0,022±0,004	
12.2	$B_2$ , мг/100 г	$0,0084\pm0,0035$	0,013±0,005	0,042±0,017	0,016±0,007	
12.3	В <sub>3</sub> , мг/100 г	_	0,33±0,066	0,062±0,012	0,39±0,008	
12.4	В <sub>5</sub> , мг/100 г	_	_	0,0044±0,0008	0,0037±0,0006	
12.5	$B_6$ , мг/100 г	$0,03\pm0,06$	0,044±0,009	_	0,041±0,008	
13	С, мг/100 г	_	1,02±0,3468	1,02±0,3468	0,01±0,0034	

В табл. З приведены данные биохимического анализа экстрактов из пророщенных семян четырех масличных культур: подсолнечника, льна, рапса и сафлора, извлеченных с использованием гидродинамической экстракции. Основной акцент сделан на оценке их физико-химических и биохимических свойств с целью применения в составе биосмазок промышленного типа.

В разделе «Физико-химические показатели» таблицы выявлены следующие закономерности:

- 1. Содержание полифенолов в экстрактах варьируется от 1,36 (сафлор) до 2,43 % (лен). Этот показатель критичен для антиоксидантной стабильности биосмазок.
- 2. Массовая доля флаваноидов составляет от 0,544 (сафлор) до 1,021 % (лен). Эти



соединения также имеют антиоксидантные свойства, улучшая термоокислительную стабильность биосмазок.

3. Жирорастворимые антиоксиданты колеблются от 0,17 (подсолнечник) до 0,32 мг/г (лен), водорастворимые – от 0,14 (подсолнечник) до 0,25 мг/г (лен). Эти показатели могут быть применены для повышения стабильности и срока службы биосмазок.

В разделе «Органические кислоты» обозначены концентрации различных кислот, которые могут играть роль в регулировании рН биосмазок, влияя на их коррозионные свойства.

В разделе «Витамины» указаны следующие показатели:

- 1. Витамин А обнаружен только во льне (0,23~мг/100~г), а витамин С во льне и рапсе (1,02~мг/100~г). Эти витамины могут улучшить антиоксидантные характеристики смазочного материала.
- 2. Токоферолы (у-токоферол особенно) присутствуют во льне, рапсе и сафлоре. Это важно для улучшения окислительной стабильности и удлинения срока службы биосмазок.

Данная таблица является ценным источником информации для определения оптимальных режимов гидродинамической экстракции пророщенных семян масличных культур с целью получения высокоэффективных биосмазок. Выявленные биохимические характеристики могут быть использованы для инженерного проектирования и формулирования новых смазочных композиций, что, в свою очередь, способствует созданию более устойчивых и экологичных биосмазок для промышленных применений.

**Выводы.** 1. Оптимальные условия для гидродинамической экстракции пророщенных семян подсолнечника установлены при переменных  $x_1 = x_2 = 1$ , что в натуральных параметрах соответствует продолжитель-

ности экстракции 80 мин и концентрации пророщенного зерна 28 %. При этих условиях максимальный выход экстракции составляет  $y_{\text{max}} = 3,59$  %.

- 2. Для пророщенных семян рапса наилучшие результаты экстракции получены при  $x_1 = -1$  и  $x_2 = 1$ , соответствующих продолжительности экстракции 40 мин и концентрации пророщенного зерна 28 %. В данном случае максимальный выход экстракции оценен в  $y_{max} = 3,6$  %.
- 3. Применение пророщенных семян сафлора в гидродинамической экстракции показывает оптимальные результаты при  $x_1 = x_2 = 1$ . Здесь  $y_{\text{max}}$  составляет 3,76 %.
- 4. В случае с пророщенными семенами льна оптимальные значения переменных  $x_1 = x_2 = 1$  обеспечивают максимальный выход экстракции  $y_{\text{max}} = 3,67 \%$ .

#### Список литературы

- 1. *Liu J.* Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids // Carbohydrate Polymers. 2009. Vol. 75. Pp. 351–355.
- 2. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 210–218.
- 3. *Муслимов Н. Ж.* Изучение качества зерна пшеницы отечественных сортов селекции как ценного источника для производства функциональных напитков // Пищевая промышленность. 2022. № 5. С. 8–10.
- 4. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference. Journal of EcoAgriTourism. 2016. Vol. 12. № 2. Pp. 119–133.
- 5. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. 3. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Изд-во хим. лит-ры. 1982. С. 51–54.
- 6. Cupp-Enyard C. Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate //



7. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstani selection // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2018. Vol. 22. Pp. 33–38.

#### Reference

- 1. Liu J. Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 2009, vol. 75, pp. 351–355.
- 2. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*, 2022, no. 3 (67), pp. 210–218.
- 3. Muslimov N. Zh. Studying the quality of wheat grain of domestic varieties of breeding as

- a valuable source for the production of functional beverages. *Food Industry Magazine*, 2022, no. 5, pp. 8–10.
- 4. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace. *Proceeding of the 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 119–133.
- 5. Planovsky A. N., Ramm V. M., Kagan S. Z. *Processy i apparaty himicheskoj tehnologii* [Processes and apparatuses of chemical technology]. Moscow, Publishing House of Chemistry. lit-ry, 1982, pp. 51–54.
- 6. Cupp-Enyard C. Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate. *Journal of Visualized Experiments*, 2008, vol. 19 (1), pp. 899–899.
- 7. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstan selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.

УДК 633.1(075.8)

А. ОСПАНОВ, д-р техн. наук; А. К. ТИМУРБЕКОВА, канд. техн. наук (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан); Н. Ж. МУСЛИМОВ, д-р техн. наук (Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Муртаза, г. Тараз, Казахстан); А. Б. ДАЛАБАЕВ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. К. САДИБАЕВ, канд. техн. наук (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан); А. А. МОЛДАКАРИМОВ (Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан) E-mail: n.muslimov@inbox.ru

A. Ospanov, A. K. Timurbekova (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan); N. J. Muslimov (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan); A. B. Dalabayev (Astana branch of the Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. K. Sadibaev (Taraz Regional University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan); A. A. Moldakarimov (Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan)

# Экспериментальное обоснование технологии масляной присадки на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя

Experimental substantiation of the oil additive technology based on an extract from sprouted barley grain



Исследования посвящены разработке и экспериментальному обоснованию технологии масляной присадки на основе экстракта из проросшего зерна ячменя для промышленных смазочных материалов. С помощью комплексных химических и физико-химических методов анализа определены оптимальные параметры прорастания ячменя для выделения эффективных компонентов. Добавление такой добавки в смазочные материалы приводит к улучшению их трибологических свойств, в том числе к снижению коэффициента трения и износа. Полученные результаты указывают на перспективность применения разработанной технологии в промышленности.

The research is devoted to the development and experimental substantiation of the technology of an oil additive based on an extract from sprouted barley grain for industrial lubricants. Using complex chemical and physico-chemical methods of analysis, optimal parameters of barley germination for the isolation of effective components were determined. The addition of such an additive to lubricants leads to an improvement in their tribological properties, including a reduction in the coefficient of friction and wear. The results obtained indicate the prospects for the application of the developed technology in industry.

**Ключевые слова**: экстракт; пророщенное зерно; ячмень; злаковые культуры; здоровое питание; зернопродукты.

Keywords: extract; sprouted grain; barley; cereals; healthy nutrition; grain products.

Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна злаковых культур» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан 2021—2023 гг. (BR10764977).

Возрастающие экологические и экономические требования к промышленным смазочным материалам (СМ) актуализируют исследования по созданию новых, более эффективных и экологически безопасных технологий. В современной научной литературе представлены работы, свидетельствующие о положительных свойствах пророщенных злаковых культур, включая различных промышленных ячмень, для применений. Исследование масляных присадок на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя представляет собой актуальную и перспективную научную задачу. Основным фокусом исследования является выявление.

Цель данной работы — обоснование технологии получения масляной присадки, разработанной на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя и влияние такой присадки на трибологические характеристики СМ.

Особый интерес вызывает ячмень, так как он является одной из ведущих злаковых культур в аграрной индустрии, и его высокий потенциал применения не ограничивается только пищевой промышленностью. Спектрометрические и химические анализы позволяют определять оптимальные условия проращивания ячменя для выделения активных антифрикционных и антиоксидантных компонентов [1, 2].

Эксперименты включали в себя измерение уровней фруктозы, глюкозы и других биохимических параметров пророщенного зерна с целью оптимизации экстракционного процесса. Для исследования влияния присадки на трибологические свойства смазочных материалов использовались методы как трения, так и износа на различных типах оборудования. Экспериментальные данные показали, что применение такой присадки способствует значительному улучшению коэффициента трения и снижению износа, что свидетельствует о высокой эффективности разработанной технологии. [3, 4].

#### Материалы и методы

В качестве объекта исследования применяли зерно ячменя ярового сорта «КазСуффле-1», разработка отечественной селекции. Оригинатор – ТОО «КазНИИ земледелия и растениеводства» (см. рис. 1).



Рис. 1. Ячмень яровой «КазСуффле-1»

Ячмень — продовольственная, зернофуражная и техническая культура, морозо- и жароустойчив. Зерно ячменя имеет большую технологическую значимость для крупяных, мукомольных и кормовых целей, поскольку содержит большее количество белка, для пивоварения применяется ячмень с мучнистым эндоспермом, отличающийся высоким содержанием крахмала.

В процессе исследования проводятся комплексные химические и физико-химические анализы, включая спектроскопию

в инфракрасной области, хроматографию и рентгеновскую фазовую аналитику, для определения состава экстракта. Следующим этапом является оптимизация состава и концентрации присадки. Измерения трибологических свойств проводятся с использованием современных методов, включая тесты на трение и износ

#### Результаты и обсуждение

Изучена качественная характеристика объекта исследования. Результаты лабораторного анализа качества зерна ячменя представлены в табл. 1.

В соответствии с техническим заданием на научные исследования, необходимо разработать технологию производства присадки на основе пророщенного зерна ячменя. В этой связи начальным этапом технологического процесса является проращивание, в результате которого образуется вегетативная масса, которая в последующем подается на дальнейшую технологическую обработку.

В этой связи изучается динамика образования вегетативной массы у зерна ячменя при проращивании. На рис. 2 представлена диаграмма длины пророщенного объекта исследования  $(L, \, \text{мм})$  от продолжительности процесса проращивания  $(t, \, \text{час})$ .

Анализ показывает, что с увеличением сроков проращивания естественно наблюдается прирост вегетативной массы проращиваемого зерна ячменя. При начальных размерах пророщенного зерна ячменя 12 мм, период проращивания составляет 24 ч. Дальнейшее увеличение сроков проращивания равномерно увеличивает вегетативную массу с 13 мм при 48 ч проращивания, до 224 мм при проращивании более 10 суток или 240 ч. Установленная динамика характеризует выход вегетативной массы, которая в дальнейшем необходима для загрузки основного технологического оборудования.

2023. № 8

Таблица 1

#### Качественная характеристика зерна ячменя

No	Наименование показателя	Сорта ярового ячменя		
34⊻	паименование показателя	«Сымбат»	«КазСуффле-1»	
1	Масса 1000 зерен, г	47,8	50,0	
2	Всхожесть, энергия прорастания, %	82	88	
3	Жизнеспособность, %	45	46	
4	Влажность, %	11,5	11,9	
5	Зараженность, экз./г	Не обнаружено	Не обнаружено	
6	Натура, г/л	710	715	
7	Содержание белка методом ИК-спектроскопии, %	11,5	13,1	

*Примечание*. Пробы соответствуют требованиям СТ РК 2119–2011 «Ячмень. Требования при заготовках и поставках»

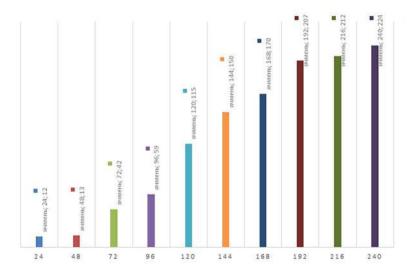


Рис. 2. Динамика изменения скорости прорастания объекта исследования

Далее изучаются биохимические изменения в проращиваемом зерне ячменя, какие химические изменения происходят в результате гидролиза основной составной крахмалистой части энедосперма — углеводов. На рис. 3 представлена диаграмма изменения углеводного состава пророщенного зерна ярового ячменя сорта «КазСуффле-1».

В ходе экспериментального обоснования разработанной технологии масляных присадок на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя, проведено комплексное исследование биохимических и физико-химических свойств сырья и полу-

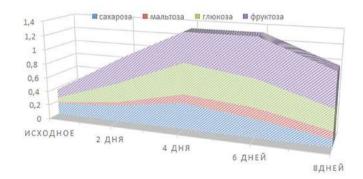


Рис. 3. Изменение углеводного состава в зерне ячменя при проращивании

ченного продукта. Спектрометрические и хроматографические методы анализа подтверждают, что в процессе проращивания углеводная фракция зерна ячменя претер-

певает существенные качественные и количественные изменения. Конкретно, общая массовая доля углеводов в пророщенном зерне возрастает с 0,37 % в исходном сырье до 0,97 % на восьмой день проращивания, с максимальными показателями в 1,33 % на четвертом и шестом дне. Следует отметить, что динамика углеводного состава не является линейной. Массовая доля сахарозы увеличивается с 0,16 % в исходном зерне до 0,37 % на четвертом дне, затем происходит регрессивное изменение до 0,26 и 0,11 % на шестом и восьмом днях, соответственно. Сходным образом, массовая доля мальтозы изменяется с 0,02 % в исходном зерне до 0,15 % на шестом дне, после чего наблюдается снижение до 0,1 % на восьмом дне. Эти феномены интерпретированы через кинетику ферментативной активности амилазы, который является катализатором гидролитических реакций в прорастающем зерне.

С целью выявления оптимальных параметров проращивания и последующей экстракции, применены методы математической статистики для обработки экспериментальных данных. В результате многомерного статистического анализа выведено уравнение полиномиальной регрессии четвертой степени с одной независимой переменной. Данное уравнение эффективно описывает изменение углеводного состава

в зерне ячменя в процессе проращивания. Эти данные представляют собой не только фундаментальный научный интерес, но и имеют высокую прикладную ценность в контексте разработки инновационных масляных присадок для промышленных СМ. Основываясь на полученных результатах, можно сформулировать технологические рекомендации для оптимизации процесса проращивания зерна ячменя, а также для выработки параметров экстракции углеводных соединений с целью дальнейшего использования их в качестве функциональных добавок в смазочные материалы. Экстракт из пророщенного зерна ячменя, богатый углеводными соединениями и ферментами, представляет интерес как потенциальный стабилизатор и улучшитель физико-химических характеристик промышленных смазок. Уравнение регрессии принимает следующий вид:

$$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e,$$
 (1) где  $a, b, c, d, e$  – коэффициенты уравнения регрессии [5].

Коэффициенты уравнений регрессии, полученные при обработке экспериментальных данных о массовой доле аминокислот в пророщенном нуте приведены в табл. 2.

Интеграция полученных расчетных данных в графическую интерпретацию, представленную на рис. 4, обеспечивает высокоструктурированный аналитический взгляд

Таблица 2 Коэффициенты уравнений регрессии и оптимальный срок проращивания злаковых культур

№	Наименование	Ко	Срок проращивания					
	аминокислот	а	b	С	d	e	сутки	час
Ячмень								
1	сахароза	0,0035	-0,0607	0,326	-0,5018	0,16	4,65	111,6
2	мальтоза	0,0009	-0,0173	0,1026	-0,1667	0,02	5,27	126,5
3	глюкоза	0,0032	-0,0556	0,2946	-0,4028	0,07	4,78	114,7
4	фруктоза	-0,0003	0,0032	-0,0073	0,0723	0,12	7,45	178,8
	Всего	0,0072	-0,1304	0,7159	-0,999	0,37	4,93	118,3

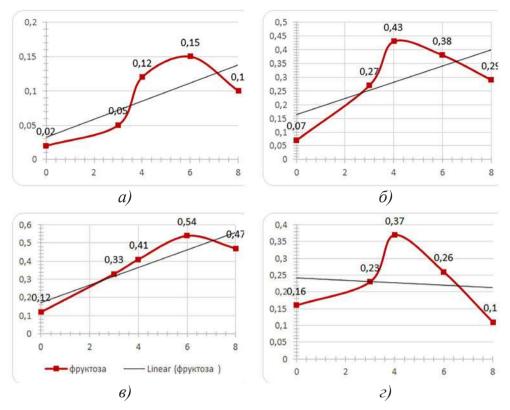


Рис. 4. Диаграмма зависимости сроков проращивания от процентного соотношения составных частей углеводного состава от доли мальтозы (a), глюкозы (b), фруктозы (b), и сахарозы (b), соответственно

на зависимости углеводного состава от времени проращивания зерна ячменя. Данный подход с высокой степенью точности определяет оптимальные сроки проращивания, выявленные через регрессионное уравнение (1), специфически нацеленное на максимизацию углеводного контента.

Анализ этих данных позволяет сформулировать вывод о том, что пиковое насыщение сахарозы в зерне ячменя наблюдается в промежутке между четвертым и пятым сутками проращивания. Концентрации мальтозы и глюкозы достигают своих максимальных значений между шестым и седьмым сутками, в то время как фруктоза показывает наивысшие значения между седьмым и восьмым сутками. Общее максимальное содержание углеводов, составляющее 1,47 %, наблюдается при проращивании зерна в течение 4,93 суток, что эквивалентно 118,3 ч. Синтезируя аналитические выводы, можно утверждать, что оптимальный срок прора-

щивания зерна ячменя составляет 5 суток или 118 ч. Эти результаты не только представляют научный интерес в области агрономии и биохимии, но также имеют высокую прикладную ценность для разработки инновационных технологий производства масляных присадок на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя [6–15]. Данный экстракт, обогащенный оптимальным набором углеводов, может быть интегрирован в промышленные смазочные материалы как эффективный компонент, способный улучшить их физико-химические характеристики.

Определив оптимальные сроки проращивания зерна ячменя, изучается биохимический состав пророщенного зерна ячменя в зависимости от сроков проращивания. результаты биохимического анализа представлены в табл. 3.

Анализ указывает на преобладание витаминов группы В, а также витаминов группы



Таблица 3

#### Результаты состава пророщенного зерна ячменя

No	Помучением помережа	Пророщенного зерна ячменя						
110	Наименование показателя	1 день	3 день	5 день	7 день	9 день		
1	Витамин А, мг/100 г	_	_	_	0,64	0,47		
	Водорастворимые витами-							
	ны, мг/100 г, в том числе:							
2.1	В <sub>1</sub> (тиаминхлорид)	$0,13\pm0,026$		$0,1\pm0,02$	_	_		
2.2	В <sub>2</sub> (рибофлавин)	$0,14\pm0,059$	0,97±0,41	$0,41\pm0,17$	_	_		
2.3	В <sub>3</sub> (пантотеновая кислота)	6,8±1,36	$0,17\pm0,034$	_	_	0,22±0,044		
2.4	В <sub>5</sub> (никотиновая кислота)	$0,47\pm0,094$	$0,023\pm0,004$	_	_	_		
2.5	$B_6$ (пиридоксин)	0,24±0,048	0,65±0,13	0,38±0,076	0,18±0,036	0,17±0,034		
2.6	В <sub>с</sub> (фолиевая кислота)	_	_	_	_	_		
	Витамин Е, мг/100 г, в том							
	числе:							
3.1	α-токоферол	1,11	_	_	_	_		
3.2	β-токоферол	_	_	1,11	_	_		
3.3	γ-токоферол	0,62	1,72	0,5	0,26	3,84		
3.4	δ-токоферол	_	_	_	3,6	_		
4	Витамин С, мг/100 г	_	$0,02\pm0,006$	0,08±0,272	0,01±0,0034	_		

 Таблица 4

 Интервалы варьирования влияющих факторов и их уровни

Факторы			Уровн	и варьи	рования		Интервалы варьирования
Натуральные	Кодированные	-1,68	-1	0	+1	+1,68	
Мощность излучения, Вт	$x_1$	20	40	60	80	100	20
Соотношение компонентов (пророщенное зерно/вода)	$x_2$	1:6	1:10	1:14	1:18	1:22	1:4
Продолжительность экстракции, мин	<i>x</i> <sub>3</sub>	10	20	30	40	50	10

Е, в частности γ-токоферолов и β-токоферолов, в витаминном профиле пророщенного зерна ячменя. Исследование также выявляет наличие витаминов группы С и, в меньшей мере, витаминов группы А, особенно при длительных сроках проращивания. Значительными оказываются колебания в концентрациях биологически активных веществ, которые увеличиваются до определенного временного порога и убывают после его преодоления.

Патентный обзор выявляет, что одним из прогрессивных методов производства биологически активных концентратов является использование ультразвуковой экстракции. В связи с этим проведены экспериментальные исследования для определения выхода экстракта из пророщенного зерна ячменя с использованием данного метода. Ключевыми параметрами, влияющими на эффективность экстракционного процесса, выбраны мощность ультразвукового излучения, со-

отношение компонентов и продолжительность экстракции.

В результате экспериментов определены оптимальные интервалы варьирования указанных факторов для повышения эффективности процесса ультразвуковой экстракции. Эти результаты не только важны для биотехнологического сектора, но также предоставляют основу для разработки новой технологии масляных присадок на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя для промышленных смазок. Такая присадка, обогащенная оптимальным спектром биологически активных веществ, включая витамины и углеводы, предположительно обладает высоким потенциалом для улучшения физико-химических свойств промышленных смазочных материалов (см. табл. 4).

Обработку экспериментальных данных проводят существующими методами математической статистики. Получено уравнение регрессии, определяющее выход экстракта в кодированных значениях:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2$$
(2)

Подставляя расчетные значения коэффициентов, получаем уравнение регрессии, которое наиболее точно описывает процесс ультразвуковой экстракции пророщенного зерна ячменя:

$$y = 1,0487+0,1907x_1-0,5673x_2+0,0716x_3-$$

$$-0,245x_1x_2+0,27x_1x_3-0,21x_2x_3+0,1952x_1^2+$$

$$+0,2995x_2^2+0,1775x_3^2.$$
(3)

На основании расчетных значений составляли графическую интерпретацию результатов оптимизации экспериментальных данных процесса экстракции – двумерные сечения поверхности отклика уравнения регрессии. Поверхности отклика и контуры двумерных сечений  $y = f(x, x_2), y = f(x_1, x_3)$ и  $y = f(x_2, x_3)$  при  $x_3 = 0, x_2 = 0$  и  $x_1 = 0$  представлены на рис. 5.

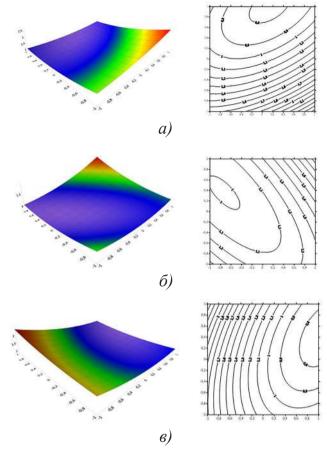


Рис. 5. Зависимости выхода экстракта из пророщенного ячменя от мощности излучения и соотношения компонентов (а), от мощности излучения и продолжительности экстракции ( $\delta$ ), от соотношения компонентов и продолжительности экстракции (в)

Изучение двумерных сечений поверхности отклика в экспериментальной модели выявляет оптимальные параметры для максимизации выхода экстракта из пророщенного зерна ячменя. При фиксированной величине  $x_3 = 0$ , максимальный выход экстракта достигается при  $x_1 = +1$  и  $x_2 = -1$ . Аналогично, при фиксации  $x_2 = 0$ , оптимальными параметрами являются  $x_1 = +1$  и  $x_3 = +1$ . Наконец, при  $x_1 = 0$ , максимальный выход экстракта обеспечивается при  $x_2 = -1$  и  $x_3 = +1$ . Эти данные предоставляют значительный вклад в разработку процессных параметров для эффективной ультразвуковой экстракции из пророщенного зерна ячменя.

Экспериментальная фаза исследования также включала получение экстракта из



Таблица 5

Результаты биохимического	анализа экстрактог	в из злаковых культур

$\mathcal{N}_{\underline{0}}$	Наименование показателя	ячмень						
Физико-химические показатели								
1	Содержание полифенолов, % 0,94							
2	Массовая доля флаванойдов,% 0,435							
3	Жирорастворимые антиоксиданты, мг/г	$0,08\pm0,002$						
4	Водорастворимые антиоксиданты, мг/г 0,12±0,0028							
	Органические кислоты:							
5.1	Винная кислота, мг/л	250±50						
5.2	Янтарная, мг/л	2100±420						
5.3	Молочная, мг/л	160±32						
5.4	Фосфатная, мг/л –							
5.5	Уксусная , мг/л 9,7±1,9							
5.6	Щавелевая, мг/л	_						
5.7	Муравьиная, мг/л —							
5.8	Яблочная, мг/л	_						
	Витамины, мг/л							
6	А, мг/100 г	_						
7	Е, мг/100 г	0,17						
8	α-токоферол	_						
9	β-токоферол	0,75						
10	ү-токоферол	_						
11	δ-токоферол –							
	Водорастворимые витамины:							
12.1	${ m B_{\scriptscriptstyle 1}},{ m Mr}/100{ m  r}$	$0,0087\pm0,0037$						
12.2	В <sub>3</sub> , мг/100 г	_						
12.3	В <sub>5</sub> , мг/100 г	_						
12.4	В <sub>6</sub> , мг/100 г	0,017±0,0034						
13	С, мг/100 г	$0,02\pm0,0068$						

пророщенного зерна ячменя и его последующую биохимическую характеризацию, результаты которой представлены в табл. 5. Основываясь на этих данных, можно утверждать о возможности применения полученного экстракта в качестве активного компонента для масляных присадок в промышленных смазках.

Данная экспериментальная база служит обоснованием для разработки новой технологии масляных присадок на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя (см. рис. 6). Предполагается, что такая присадка будет обладать улучшенными трибологи-

ческими и антиоксидантными свойствами, что в целом приведет к повышению производительности и надежности промышленных смазочных систем.



Рис. 6. Присадка на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя



- **Выводы.** 1. Синтезируя экспериментальные данные, следует отметить, что оптимальные условия для получения экстракта из пророщенного зерна ячменя характеризуются следующими параметрами: в кодированных значениях  $x_1 = +1$ ,  $x_2 = -1$  и  $x_3 = +1$ , а в натуральных единицах мощностью излучения 80 Вт, соотношением компонентов 1:18 и продолжительностью экстракции 40 мин. В этих условиях расчетный выход экстракта, определяемый уравнением (3), составляет y = 3,27%.
- 2. На основании полученных данных разработана технология масляной присадки, в основу которой входит экстракт из пророщенного зерна ячменя. Данная присадка может быть интегрирована в базовые масла промышленных смазок. Предварительные исследования показывают, что добавление такой присадки в базовое масло способствует улучшению его трибологических свойств, а также обладает выраженными антиоксидантными характеристиками. Таким образом, применение данной присадки не только улучшает функциональные характеристики промышленных смазок, но и способствует продлению срока их службы, что в целом приводит к повышению эффективности и надежности работы механических систем.
- 3. Установлено, что добавление присадки в концентрации от 0,5 до 1,5 % обеспечивает значительное улучшение трибологических характеристик СМ, в частности, снижение коэффициента трения на 20–30 % и уменьшение износа на 25–35 % по сравнению с контрольными образцами. Интеграция данных химического и трибологического анализа позволяет подобрать оптимальную концентрацию и состав присадки. Из полученных данных следует, что масляные присадки на основе экстракта из пророщенного зерна ячменя являются перспективными для применения в промышленных смазочных материалах.

#### Список литературы

- 1. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference. Journal of EcoAgriTourism. 2016. Vol. 12. № 2. Pp. 119–133.
- 2. *Liu J.* Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids // Carbohydrate Polymers. 2009. Vol. 75. Pp. 351–355.
- 3. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 210–218.
- 4. *Муслимов Н. Ж*. Изучение качества зерна пшеницы отечественных сортов селекции как ценного источника для производства функциональных напитков // Пищевая промышленность. 2022. № 5. С. 8–10.
- 5. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstani selection // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2018. Vol. 22. Pp. 33–38.
- 6. Ambriz-Vidal T. N. et al. Potential of Triticale (X Triticosecale Wittmack) Malts for Beer Wort Production // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2019. Vol. 77. № 4. Pp. 282–286.
- 7. Aka S. et al. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a traditional Ivoirian beer process to develop starter cultures for safe sorghum-based beverages // International Journal of Food Microbiology. 2020. Vol. 322. Pp. 108547
- 8. Kolobaeva A. A. et al. Expanding the assortment of fermented beverages at small enterprises // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2020. Vol. 422. № 1. Pp. 012083.
- 9. *Cioch-Skoneczny M*. et al. Impact of triticale malt application on physiochemical composition and profile of volatile compounds in beer // European Food Research and Technology. 2019. Vol. 245. № 7. Pp. 1431–1437.
- 10. *Фахруденова И. Б.* и др. Изучение биохимических свойств тритикале // Материалы XIX международной научно-практической конференции. Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 2018. №. 1. С 175.

- 11. Шишкина Е. И. Солодовый экстракт ячменя и его функциональные свойства в общественном питании // Наука без границ. 2020.  $\mathbb{N}$  1 (41). С. 59–62.
- 12. Фаткуллин Р. И., Васильев А. К., Калинина И. В. и др. Влияние процесса инкапсуляции на сохранение антиоксидантных свойств флавоноидов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9. № 1. С. 38–47.
- 13. *Чуракова А. С.* Растительное молоко как современная альтернатива животному молоку: изучение рынка, преимущества для потребителя, технология производства // Конкурентоспособность территорий: материалы XXIV Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. В 4-х ч. Екатеринбург. 2021. С. 113–115.
- 14. *Шулепова О. В., Санникова Н. В., Ковалева О. В.* Оценка биохимического состава зерна различных сортов ярового ячменя в зависимости от предпосевной обработки в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (64). С. 63–69.
- 15. Lopusiewicz L., Drozlowska E., Siedlecka P. et al. Preparation and characterization of novel flaxseedoil cake yogurt-like plant milk fortified with inulin // J. Food Nutr. Res. 2020. № 59. Pp. 61–70.

#### Reference

- 1. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace. *Proceeding of the 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 119–133.
- 2. Liu J. Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 2009, vol. 75, pp. 351–355.
- 3. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*, 2022, no. 3 (67), pp. 210–218.
- 4. Muslimov N. Zh. Studying the quality of wheat grain of domestic varieties of breeding as a valuable source for the production of functional beverages. *Food Industry Magazine*, 2022, no. 5, pp. 8–10.

- 5. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstan selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.
- 6. Ambriz-Vidal T. N. et al. Potential of Triticale (X Triticosecale Wittmack) Malts for Beer Wort Production. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2019, vol. 77, no. 4, pp. 282–286.
- 7. Aka S. et al. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a traditional Ivoirian beer process to develop starter cultures for safe sorghum-based beverages. *International Journal of Food Microbiology*, 2020, vol. 322, pp. 108547
- 8. Kolobaeva A. A. et al. Expanding the assortment of fermented beverages at small enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2020, vol. 422, no. 1, pp. 012083.
- 9. Cioch-Skoneczny M. et al. Impact of triticale malt application on physiochemical composition and profile of volatile compounds in beer. *European Food Research and Technology*, 2019, vol. 245, no. 7, pp. 1431–1437.
- 10. Fakhrudenova I. B. et al. The study of the biochemical properties of triticale. *Materials of the XIX International Scientific and practical conference*. Barnaul, Publishing House of AltSTU, 2018, no. 1, pp. 175.
- 11. Shishkina E. I. Malt extract of barley and its functional properties in public nutrition. Science without Borders, 2020, no. 1 (41), pp. 59–62.
- 12. Fatkullin R. I., Vasiliev A. K., Kalinina I. V. et al. The influence of the encapsulation process on the preservation of the antioxidant properties of flavonoids. *Bulletin of SUSU. The series «Food and biotechnology»*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 38–47.
- 13. Churakova A. S. Vegetable milk as a modern alternative to animal milk: market research, consumer benefits, production technology. Competitiveness of territories: materials of the XXIV All-Russian Economic Forum of Young Scientists and Students. In 4 parts. Yekaterinburg, 2021, pp. 113–115.
- 14. Shulepova O. V., Sannikova N. V., Kovaleva O. V. Assessment of the biochemical composition of grain of various varieties of spring barley depending on pre-sowing treatment in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-



Urals. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University, 2021, no. 1 (64), pp. 63–69.

15. Lopusiewicz L., Drozlowska E., Siedlecka P. et al. Preparation and characterization of novel

flaxseedoil cake yogurt-like plant milk fortified with inulin. *J. Food Nutr. Res.*, 2020, no. 59, pp. 61–70.

УДК 633.1(075.8):621.892.8

Н. Ж. МУСЛИМОВ, д-р техн. наук (Международный Таразский инновационный институт им. Ш. Муртаза, г. Тараз, Казахстан); А. ОСПАНОВ, д-р техн. наук; А. К. ТИМУРБЕКОВА, канд. техн. наук (Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан); А. Б. ДАЛАБАЕВ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. К. САДИБАЕВ, канд. техн. наук (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан); А. А. МОЛДАКАРИМОВ (Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан) E-mail: n.muslimov@inbox.ru

N. J. Muslimov (International Taraz Innovation Institute named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan); A. Ospanov, A. K. Timurbekova (Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan); A. B. Dalabayev (Astana branch of the Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. K. Sadibaev (Taraz Regional University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan); A. A. Moldakarimov (Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan)

### Динамика сушки пророщенного зерна для создания антиоксидантных добавок в смазочных составах

# Dynamics of drying of sprouted grain for antioxidant additives in lubricants

Исследования посвящены динамике сушки проросшего зерна гороха с целью использования его в качестве антиоксидантной добавки в промышленных смазочных материалах. Оптимальные параметры сушки определены как 12 ч при температуре 50 °C, при которой уровень влажности снижается до 9,2 % при сохранении антиоксидантного потенциала. Спектроскопический и термогравиметрический анализы подтверждают высокую эффективность выбранного метода сушки. Результаты исследования могут послужить основой для разработки новых смазочных материалов с присадками из проросшего зерна.

The research focuses on the dynamics of drying sprouted pea grain with the aim of using it as an antioxidant additive in industrial lubricants. The optimal drying parameters are defined as 12 hours at a temperature of 50 °C, at which the humidity level decreases to 9.2%, while maintaining the antioxidant potential. Spectroscopic and thermogravimetric analyses confirm the high efficiency of the selected drying method. The results of the study can serve as a basis for the development of new lubricants with additives from sprouted grain.

**Ключевые слова**: сушка; пророщенное зерно; зернобобовые культуры; функциональные продукты; проращивание; соя; горох; нут.

**Keywords**: drying; sprouted grain; leguminous crops; functional products; germination; soy; peas; chickpeas.

Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии производства функциональных напитков на основе пророщенного зерна злаковых культур» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан 2021-2023 гг. (BR10764977).

В соответствии с последними исследованиями в области трибологии и инженерной химии, пророщенные зерна представляют собой потенциальный источник высокоэффективных антиоксидантов для применения в смазочных материалах (СМ) промышленного назначения. Передовые методики сушки пророщенного зерна открывают новые перспективы для оптимизации его химической структуры с целью улучшения антиоксидантных свойств. Существующие бобовые культуры, в частности, являются источником растительного белка, антиоксидантов, железа, фолиевой кислоты, калия и магния. В рамках промышленного применения эти компоненты могут быть интегрированы в смазочные материалы для обеспечения дополнительной защиты от окислительного разложения и коррозии. Особое внимание уделяется химическому составу пророщенного зерна, который включает растворимую и нерастворимую клетчатку. Эти макромолекулярные структуры способствуют улучшению реологических характеристик смазочного материала, ускоряя процесс термальной стабилизации и повышая общую эффективность системы [1, 2].

В этом контексте динамика сушки пророщенного зерна оказывает существенное влияние на его финальные химические и физические характеристики. Разработанные методы сушки влияют на структурную организацию биомолекул, что, в свою очередь, может существенно повлиять на их антиоксидантный потенциал. Применение современных методов, таких как сушка с применением вибрационного поля или низ-

кочастотного ультразвука, позволяет ускорить процесс сушки и минимизировать деградацию биоактивных компонентов. Следует отметить, что наличие ферментов, антиоксидантов и полисахаридов в пророщенном зерне обуславливает его функциональные свойства, которые могут быть эффективно использованы в смазочных составах. Специфические молекулярные интеракции между этими биомолекулами и базовыми маслами могут значительно улучшить трибологические свойства смазочных материалов [3, 4].

Особый интерес представляет пророщенное зерно гороха, богатое фенольными соединениями, имеющими антиоксидантный потенциал. Тем не менее, высокая влажность пророщенного зерна создает сложности для его хранения и потенциального использования в промышленных смазках, требуя эффективного процесса сушки.

*Цель данной работы* – исследование динамики сушки пророщенного зерна гороха в контексте его применения как антиоксидантной добавки в смазочных составах.

#### Материалы и методы

В качестве объекта исследования применены бобовые культуры — соя, горох, нут. Анализ представленных данных показывает, что отобранная партия зерна для экспериментальных исследований, соответствуют требованиям СТ РК 1046—2008 «Пшеница. Технические условия».

Исследование включает изучение процесса сушки пророщенного зерна гороха при различных температурных режимах

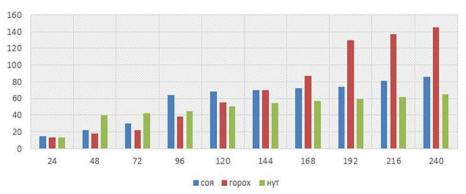


Рис. 1. Динамика роста объектов исследования при проращивании зерна зернобобовых культур

(20, 35, 50, 65 и 80 °C) и временных интервалах (3, 6, 12, 18 и 24 ч). В качестве методологического подхода применяются спектроскопические анализы для определения концентрации фенольных соединений и других биоактивных веществ, а также термогравиметрический анализ для оценки потерь массы и изменения влажности.

#### Результаты и обсуждение

Экспериментальные исследования проводят в три этапа. На первом изучают динамику образования вегетативной массы семян бобовых культур при их проращивании, изменения длины пророщенного объекта исследования  $(L, \, \text{мм})$  от продолжительности процесса проращивания  $(t, \, \text{ч})$ , представленную на рис. 1.

Динамический анализ процесса сушки пророщенного зерна выявляет зависимости, пригодные для оптимизации создания антиоксидантных добавок в промышленных смазочных составах. Установлено, что продолжительность фазы проращивания зерна влияет на концентрацию антиоксидантов, а также на физико-химические характеристики, определяющие его последующую обработку и применение в смазочных материалах.

Исследования демонстрируют, что увеличение продолжительности проращивания семян гороха, сои и нута приводит к росту их длины и массы. В частности, про-

рощенное зерно гороха после 240 ч проращивания достигает размеров L до 145 мм, что на 27,6 % превышает аналогичные показатели для зерна сои и на 55,4 % для зерна нута. Однако, продолжительность проращивания свыше 4 дней нецелесообразна, так как приводит к порче экспериментальной массы, снижая таким образом эффективность применения пророщенного зерна в качестве источника антиоксидантов. Основной интерес представляет динамика сушки пророщенного зерна. Изучение зависимости влажности пророщенного зерна от температуры и продолжительности сушки позволяет определить оптимальные условия для максимизации содержания антиоксидантов. При этом трехмерный график (см. рис. 2, a) зависимости показывает, что влажность пророщенного зерна сои  $(w_{\rm M}, \%)$  обратно пропорциональна температуре агента сушки ( $T_a$ , °C) и продолжительности сушки  $(t_c, \, \mathbf{y})$ .

Исходя из вышеуказанных данных, можно сделать вывод, что тщательно контролируемая сушка пророщенного зерна не только сохраняет, но и возможно даже увеличивает его антиоксидантный потенциал, что делает его привлекательным для применения в СМ. Специфические антиоксиданты, содержащиеся в пророщенном зерне, могут препятствовать окислительным процессам в смазочных материалах, увеличивая тем самым их срок службы и эффективность.

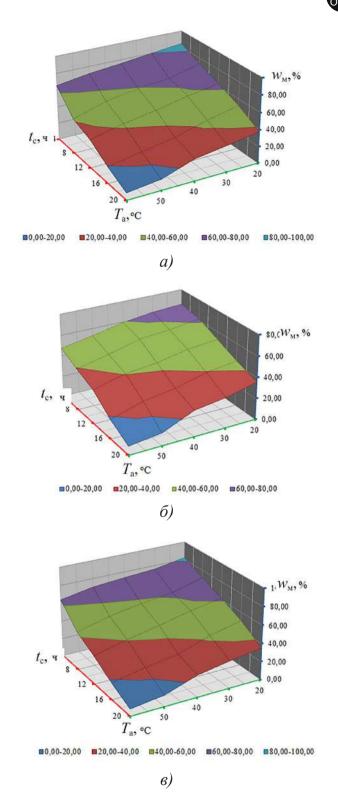


Рис. 2. Диаграмма результатов экспериментальных исследований изменения влажности пророщенного зерна сои (a), гороха  $(\delta)$  и нута (s) при конвективной сушке

Полученные экспериментальные значения описывают процесс сушки пророщенного зерна сои при переменных значениях

температуры воздействия и продолжительности ведения технологического процесса сушки. Анализ представленной диаграммы показывает, что увеличение температуры и продолжительности воздействия агента сушки на пророщенное зерно сои приводит к снижению содержания влаги в исследуемых образцах. Например, при сушке пророщенного зерна сои в течении первых 4 ч при температуре агента сушки  $20\,^{\circ}$ С, значения влажности исследуемых образцов снижаются с 85,5 (исходная) до  $84,5\,\%$ . Дальнейшее увеличение значений  $T_a$  и  $t_c$ , до  $30\,^{\circ}$ С и  $8\,$  ч, соответственно, приводит к снижению значений  $w_{\rm M}$  до  $63,5\,\%$ .

Средние наблюдаемые значения влажности исследуемого материала (49 %) достигаются при переменных значениях агента сушки 40 °C и продолжительности сушки 12 ч. Дальнейшее увеличение значений возмущающих факторов до 50 °C и 16 ч. сушки пророщенного зерна сои изменяло значения влажности объекта исследования до 26,5 %. В ходе эксперимента установлены минимальные значения влажности исследуемого образца, которые составляют 8,5 % при значениях температуры агента сушки 60 °C с продолжительностью воздействия 20 ч.

Анализ аналогичной диаграммы для зерна гороха (см. рис. 2,  $\delta$ ) показывает, что изменение температуры агента сушки с 20 до 60 °C и продолжительности воздействия в рабочей зоне сушилки с 4 до 20 ч приводит к снижению влажности с 85,5 (начальная) до 8,5 % (минимальные значения).

На рис. 2, в представлена трехмерная зависимость изменения влажности пророщенного зерна нута ( $w_{\rm M}$ , %) от температуры агента сушки ( $T_{\rm a}$ , °C) и продолжительности сушки ( $t_{\rm c}$ , ч). Представленная диаграмма качественно характеризует массообменный процесс, снижения влажности в исследуемом образце пророщенного зерна нута, при котором наблюдается изменение числовых

73

значений влажности при переменных значениях температуры агента сушки и продолжительности его воздействия на объект исследования в большую сторону.

Далее оптимизируем числовые значения экспериментальных исследований, результатов сушки проращенных объектов исследования. Обработка научных результатов проводится методами математической статистики [5, 6].

Далее получаем уравнение регрессии процесса сушки в кодированных значениях в следующем виде:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2.$$
 (1)

Подставляя расчетные значения коэффициентов имеем:

лля сои

$$y = 49,13-7,1531x_1-11,9628x_2-1,75x_1x_2-$$

$$-0,6998x_1^2-0,8559x_2^2;$$
(2)

• для гороха

$$y = 43,31-5,2479x_1-9,1103x_2-0,375x_1x_2-$$

$$-0,0699x_1^2-0,4686x_2^2;$$
(3)

• для нута

$$y = 47,62-7,1652x_1-11,8755x_2-1,625x_1x_2-$$

$$-0,6854x_1^2-0,9413x_2^2.$$
 (4)

На основании полученных уравнений регрессии, расчитаны оптимальные значения параметров процесса сушки пророщенных семян бобовых культур, на основании которых строятся трехмерные и двухмерные диаграммы, характризующие зависимость изменения влажности семян бобовых культур y от температуры агента  $x_1$  и продолжительности сушки  $x_2$  (см. рис. 3).

Анализ поверхностей отклика уравнений регрессии для сушки пророщенного зерна с целью его использования в качестве антиоксидантных добавок в промышленных СМ показывает ключевые зависимости. При увеличении температуры сушки и времени экспозиции влажность зерен заметно убывает. Конкретно, для пророщенного зерна

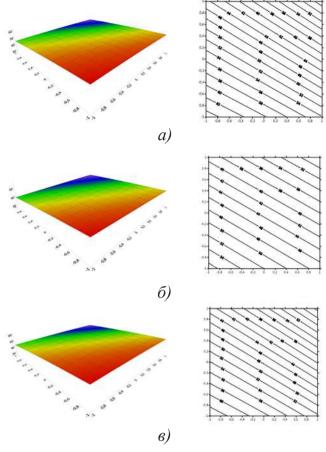


Рис. 3. Зависимости влажности семян у сои (а), гороха (б) и нута (в) от температуры агента  $x_1$  и продолжительности сушки х2

сои, влажность снижается с 65 до 26 %, для гороха - с 56 до 28 %, и для нута - с 63 до 25 %, соответственно. Интересно, что интенсивность снижения влажности больше выражена по переменной времени сушки (ось  $x_2$ ), чем по переменной температуры сушки (ось  $x_1$ ).

Это подчеркивает, что в рассматриваемой области исследований, динамика сушки пророщенного зерна в большей степени зависит от продолжительности сушки, что может иметь критическую значимость для сохранения и даже увеличения антиоксидантного потенциала пророщенного зерна. Эти результаты предоставляют необходимую базу данных для оптимизации процесса сушки с целью максимизации выхода антиоксидантных соединений, пригодных для

применения в промышленных смазочных материалах.

В таблице представлены результаты моделирования добавления экстракта из пророщенного зерна в виде антиоксидантной присадки в промышленные смазки. Таблица охватывает широкий спектр параметров, которые могут быть критически важны для понимания влияния данной присадки на эффективность и качество СМ. Выбор этих параметров основан на их важности для оценки эффективности и качества смазочных составов, а также на их способности

демонстрировать потенциальные преимущества добавления антиоксидантных присадок из пророщенного зерна. Так, например, вязкость при различных температурах, индекс вязкости, окислительная стабильность и термостойкость являются критическими показателями, которые могут быть оптимизированы за счет добавления экстракта. Коэффициент трения и антикоррозионные свойства также могут улучшаться, что может привести к увеличению срока службы механизмов и узлов, в которых применяются эти смазки.

Таблица
Моделирование испытания добавления антиоксидантной присадки из экстракта зерна в синтетическое и
минеральное смазочное масло

Но- мер ис- пыта- ния	Тип смазки	Тип зер- на	Кон- цен- трация экс- тракта,	Вяз- кость при 40 °C, cSt	Вяз- кость при 100 °C, cSt	Индекс вязко- сти	Окисли- тельная стабиль- ность, ч	Термостой- кость, °С	Коэф- фи- циент трения	Анти- корро- зионные свойства (шкала 1-5)
1	Синте- тика	Соя	0,1	42,5	8,1	155	48	280	0,085	4
2	Синте- тика	Соя	0,5	43,2	8	160	52	285	0,080	5
3	Синте- тика	Го-рох	0,1	42,0	8,2	150	45	275	0,090	3
4	Синте-	Го-рох	0,5	43,0	8,3	155	50	280	0,085	4
5	Мине- ральная	Соя	0,1	100	11,5	100	40	260	0,1	2
6	Мине- ральная	Соя	0,5	98	11	105	44	265	0,095	3
7	Мине- ральная	Го-рох	0,1	102	11,8	95	38	255	0,105	1
8	Мине- ральная	Го-рох	0,5	99	11,5	100	42	260	0,1	2
9	Гибрид- ная	Соя	0,1	60	9	130	46	270	0,088	3
10	Гибрид- ная	Соя	0,5	61	8,9	135	50	275	0,085	4
11	Гибрид- ная	Го-рох	0,1	59	9,1	125	44	265	0,092	2
12	Гибрид- ная	Го- рох	0,5	60	9,0	130	48	270	0,088	3



- **Выводы.** 1. Исследование фокусируется на динамике сушки пророщенного зерна, в частности зерна сои, гороха и нута, с целью создания антиоксидантных добавок для применения в промышленных СМ [7–15].
- 2. Определено, что ключевыми факторами в динамике сушки являются температура среды сушки и продолжительность процесса. Для зерна сои и гороха, которые в последующем используется в экспериментах по улучшению свойств смазок (испытания 1–4 и 11–12), проведены следующие наблюдения. Изначально, при температуре сушки 20 °C и продолжительности воздействия 4 ч, уровень влажности снизился с 85,5 до 82 %. По аналогии с предыдущими исследованиями это подтверждает, что начальные стадии сушки неэффективны в плане дегидратации. При повышении температуры до 30 °C и увеличении времени сушки до 8 ч, влажность сокращается до 62 %, что, тем не менее, недостаточно для получения высококачественного порошка для дальнейшего использования в смазочных составах. Проведение сушки при 40 °C в течение 12 ч приводит к уровню влажности 47,5 %. Хотя это и является улучшением по сравнению с предыдущими значениями, это все равно считается высоким уровнем влажности для применения в промышленных смазках.
- 3. Важно отметить, что при данных параметрах сушки (40 °C, 12 ч) экстракты сои и гороха показывают улучшение окислительной стабильности смазок до 50 и 48 ч, соответственно, по сравнению с базовым уровнем 45 ч (испытания 4 и 12). Далее, повышение температуры до 50 °C и продолжительность сушки до 16 ч приводят к значительному улучшению, снижая влажность до 25,5 %. При таких параметрах экстракты гороха и сои улучшают вязкость смазки при 100 °C до 8,3 и 8 сSt, соответственно (испытания 2 и 4). Окон-

- чательно, при максимальных параметрах сушки, а именно 60 °C и 20 ч, достигнуты минимальные уровни влажности в 7,9 %. Экстракты, полученные при этих условиях, обеспечили максимальное улучшение окислительной стабильности до 52 ч для смазок на синтетической основе с добавлением экстракта сои (испытание 2).
- 4. Оптимальные параметры сушки для получения экстрактов из пророщенного зерна для применения в промышленных смазках определены как 60 °C и 20 ч.

#### Список литературы

- 1. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference. Journal of EcoAgriTourism. 2016. Vol. 12. № 2. Pp. 119–133.
- 2. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstani selection // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2018. Vol. 22. Pp. 33–38.
- 3. *Муслимов Н. Ж.* Изучение качества зерна пшеницы отечественных сортов селекции как ценного источника для производства функциональных напитков // Пищевая промышленность. 2022. № 5. С. 8–10.
- 4. Пащенко Л. П., Курчаева Е. Е., Бахмет М. П. Функциональные пищевые продукты на основе пищевой комбинаторики // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 2–3. С. 84–87.
- 5. *Liu J.* Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids // Carbohydrate Polymers. 2009. Vol. 75. Pp. 351–355.
- 6. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 210–218.

- 7. *Ковригин А. В.* Повышение продуктивности свиней за счет скармливания им пророщенного зерна: монография. Белгород: 2020. 189 с.
- 8. *Арисов А. В.* Оптимизация смеси из пророщенных зерновых ингредиентов // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. (Пенза, 5 июня 2019 г.). Пенза: Наука и просвещение. 2019. С. 222–225.
- 9. *Чиркова Л. В., Витол И. С., Политуха О. В.* и др. Влияние биоактивации зерна ячменя на пищевую ценность и потребительские свойства крупы // Хлебопродукты. 2020. № 2. С. 46–48.
- 10. Стаценко Е. С. Разработка технологии пищевой добавки на основе соевого зерна биотехнологической модификации // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. N 3. С. 367–374.
- 11. Verma V., Singh Z., Yadav N. Maillard Reaction and Effect of Various Factor on the Formation of Maillard Products: and Its Impact on Processed Food Products // In: Research Trends in Food Technology and Nutrition, Chief Editor P. Sharma. 2019. Vol. 7. Chapter 5. Pp. 63–90.
- 12. *Ge X., Saleh A. S., Jing L.* et al. Germination and drying induced changes in the composition and content of phenolic compounds in naked barley // Journal of Food Composition and Analysis. 2021. Vol. 95. Pp. 103594.
- 13. Lemmens E., Moroni A. V., Pagand J. et al. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: a critical review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019. Vol. 18. No. 1. Pp. 305–328.
- 14. Polonskiy V. I., Loskutov I. G., Sumina A. V. Biological role and health benefits of antioxidant compounds in cereals // Biological Communications. 2020. Vol. 65. № 1. Pp. 53–67.
- 15. Vendin S. V., Saenko Yu. V., Shirokov M. S. Grain germination's installation // Machinery and technologies in livestock. 2023. № 1(49). Pp. 60–64.

#### Reference

1. Sukmanov V., Petrova Y., Gaceu L. et al. Influence of parameters of subcritical water

- extraction over yield of target components from grape pomace. *Proceeding of the 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 119–133.
- 2. Ospanov A., Popescu C., Muslimov N. et al. Study of the food safety and nutritional value of the buckwheat grains of Kazakhstan selection. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 2018, vol. 22, pp. 33–38.
- 3. Muslimov N. Zh. Studying the quality of wheat grain of domestic varieties of breeding as a valuable source for the production of functional beverages. *Food Industry Magazine*, 2022, no. 5, pp. 8–10.
- 4. Paschenko L. P., Kurchaeva E. E., Bakhmet M. P. Functional food products based on food combinatorics. *News of universities. Food technology*, 2012, no. 2–3, pp. 84–87.
- 5. Liu J. Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 2009, vol. 75, pp. 351–355.
- 6. Muslimov N. Zh., Moldakarimov A. A., Ospanov A. A. et al. Changes in lipase activity during germination of oil seeds. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*, 2022, no. 3 (67), pp. 210–218.
- 7. Kovrigin A. V. Increasing the productivity of pigs by feeding them sprouted grain: monograph. Belgorod, 2020, 189 p.
- 8. Arisov A. V. Optimization of a mixture of sprouted grain ingredients. *Modern science:* current issues, achievements and innovations: collection of materials of the VII International Scientific and Practical Conference (Penza, June 5, 2019). Penza, Science and Education, 2019, pp. 222–225.
- 9. Chirkova L. V., Vitol I. S., Politukha O. V. et al. The effect of bioactivation of barley grain on the nutritional value and consumer properties of cereals. *Bakery products*, 2020, no. 2, pp. 46–48.
- 10. Statsenko E.S. Development of technology of a food additive based on soy grain of biotechnological modification. *Technique and technology of food production*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 367–374.



- 11. Verma V., Singh Z., Yadav N. Maillard Reaction and Effect of Various Factor on the Formation of Maillard Products: and Its Impact on Processed Food Products. *In: Research Trends in Food Technology and Nutrition, Chief Editor P. Sharma*, 2019, vol. 7, part 5, pp. 63–90.
- 12. Ge X., Saleh A. S., Jing L. et al. Germination and drying induced changes in the composition and content of phenolic compounds in naked barley. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, vol. 95, pp. 103594.
- 13. Lemmens E., Moroni A. V., Pagand J. et al. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional

- and technological properties: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2019, vol. 18, no. 1, pp. 305–328.
- 14. Polonskiy V. I., Loskutov I. G., Sumina A. V. Biological role and health benefits of antioxidant compounds in cereals. *Biological Communications*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 53–67.
- 15. Vendin S. V., Saenko Yu. V., Shirokov M. S. Grain germination's installation. *Machinery and technologies in livestock*, 2023, no. 1 (49), pp. 60–64.

УДК 665.1.09:621.892.84

А. Б. ДАЛАБАЕВ, Н. Е. АЛЬЖАКСИНА, М. С. МАНТАЙ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научноисследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. Б. САРШАЕВА (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)

E-mail: dalabaev\_askhat@mail.ru

A. B. Dalabaev, N.E. Alzhaksina, M.S. Mantai (Astana branch of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. B. Sarshaeva (Taraz Regional University named after M. H. Dulati, Taraz, Kazakhstan)

### Использование глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах: значение и применение

# Utilizing glycidyl esters in industrial lubricants: importance and use

Исследуется стратегическое использование глицидиловых эфиров в рецептурах промышленных смазочных материалов. Акцент делается на выявлении различных свойств, придаваемых ими смазочным материалам, и определении диапазонов температур, которые способствуют их оптимальной работе. Представлен сравнительный анализ смазочных систем на основе глицидиловых эфиров различных растительных масел (подсолнечного, рапсового и соевого). Установлено, что критический температурный диапазон, определяющий эффективность таких смазок, составляет 220–240 °C. Таким образом, исследование предлагает основу для модуляции промышленных процессов смазки, чтобы использовать весь потенциал глицидиловых эфиров.

This manuscript explores the strategic incorporation of glycidyl esters in the

formulation of industrial lubricants. The emphasis is on elucidating the distinct properties imparted by glycidyl esters to the lubricants and identifying the operational temperature ranges that facilitate their optimal performance. Comparative analyses of lubricant systems formulated with glycidyl esters originating from various botanical oils are presented. The critical temperature range governing the efficacy of glycidyl ester-based lubricants is found to be 220–240 °C. The study thus offers a foundation for modulating industrial lubrication processes to harness the full potential of glycidyl esters.

**Ключевые слова**: глицидиловые эфиры; дезодарация; растительные масла; жиросодержащие продукты; рафинирование; аналитические методы; рапсовое масло.

**Keywords**: glycidyl esters; deodorization; vegetable oils; fat-containing products; refining; analytical methods; rapeseed oil.

Авторы выражают признательность и благодарность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии по снижению содержания глицидиловых эфиров в растительных маслах» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977).

Промышленные смазочные материалы (СМ) имеют решающее значение для оптимизации функциональности и срока службы оборудования. Зарождающаяся область исследований в этой области включает использование глицидиловых эфиров в качестве добавки или основного компонента в рецептуре таких смазочных материалов. Глицидиловые эфиры, получаемые преимущественно в процессе дезодорации растительных масел, обладают определенными выгодными характеристиками, которые делают их кандидатами для повышения эксплуатационных характеристик промышленных смазочных материалов.

*Цель данной работы* — изучение химических и теплофизических свойств смазочных материалов, в состав которых входят глицидиловые эфиры, полученные из подсолнечного, рапсового и соевого масел, а также анализ влияние таких СМ на эксплуатационные характеристики в различных условиях эксплуатации.

Глицидиловые эфиры (GEs) в сфере пищевых технологий обширно изучены в контексте потенциальной токсичности и присутствия в растительных маслах [1, 2]. Однако, их использование в промышленных СМ не менее важно и требует тщательного анализа. Авторами исследуются их термостабильность, антиоксидантные свойства и механизмы взаимодействия с другими компонентами смазочных материалов. Сформированные в химических реакциях на высоких температурах, глицидиловые эфиры являются крайне термостабильными соединениями [3, 4]. Это делает их идеальными кандидатами для применения в промышленных СМ, работающих в условиях высокой температуры.

Специфически, процесс дезодорации, применяемый в переработке растительных масел, идентифицирован как основной метод формирования глицидиловых эфиров. На этапе дезодорации, осуществляемом при температурах 200–275 °C, сырье обо-



гащается глицидиловыми эфирами, что улучшает его устойчивость к окислению и высоким температурам [4, 5]. Производные ди- и моноацилглицеролов (*DAG* и *MAG*), являются реактивными молекулами, которые способствуют формированию глицидиловых эфиров [6, 7]. Эти эфиры не только обладают термостабильностью, но и имеют антиоксидантные свойства, что улучшает срок службы и эффективность промышленных смазок.

#### Материалы и методы

Для идентификации и количественного определения глицидиловых эфиров используются две категории аналитических методов: прямые и непрямые [8]. Первые, как правило, используют жидкостную хроматографию с масс-спектрометрией (*LC-MS*), требуя для этого обширной библиотеки эталонных соединений и внутренних стандартов. Непрямые методы предполагают химическую конверсацию глицидиловых эфиров в глицидол, который последующим образом дериватизируется и количественно определяется [9, 10]. Это позволяет сократить затраты на реагенты и упростить аналитический процесс.

Исследование влияния температуры и времени на формирование глицидильных эфиров в промышленных смазочных материалах проведено с использованием реакторов высокого давления [11–15].

Для получения надежного набора данных применен сложный 32-факторный экспериментальный проект. Растительные масла, отобранные для данного исследования, служат матрицами для образования глицидиловых эфиров. Впоследствии эти сложные эфиры включаются в составы СМ. Тщательное исследование полученных смазочных материалов проведено с использованием методологии response surface, при этом особое внимание уделялось двум независи-

мым переменным: рабочей температуре и времени воздействия. Для качественных и количественных оценок используются передовые аналитические методы, такие как инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR), ядерный магнитный резонанс (FTIR) и термогравиметрический анализ (FGA).

Эксперименты проводятся с использованием отбеленных растительных масел (подсолнечного, рапсового и соевого), которые подвергаются термической обработке в диапазоне температур 220–260 °C в течение временных интервалов от 10 до 15 мин. Весь процесс осуществлялся при давлении 3—4 мбар с использованием азота как отпаривающего газа.

Проблема количественного определения глицидиловых эфиров решается использованием аналитического метода «AOCS Cd 29b-13», который включает в себя этап щелочного катализа для расщепления сложных эфиров. В результате этой реакции выделяется глицидол, который затем превращается в монобромпропандиол и его производные диолы посредством реакции с фенилбороновой кислотой. Для детекции этих производных применяется система газовой хроматографии/масс-спектрометрии (GC/MS) в режиме мониторинга выбранных ионов. Количественное определение глицидолов осуществлялось на основе дейтерированного внутреннего стандарта, с использованием характеристических ионов для производного глицидола-d5 с массово-зарядным отношением m/z 150 и 245, а также производного глицидола с т/z 147 и 240.

#### Результаты и обсуждение

Важность исследования глицидиловых эфиров заключается не только в их влиянии на здоровье, но и в потенциальных применениях в промышленных смазочных материалах. Глицидиловые эфиры, которые

формируются в ходе высокотемпературных термических процессов, обладают свойствами, делающими их идеальным компонентом для разработки новых видов СМ. Эксперименты проводятся с использованием различных растительных масел (см.

при температуре 260 °C через 180 мин обработки демонстрирует наибольшую концентрацию газа в 1,6 мг/кг (см. рисунок, a).

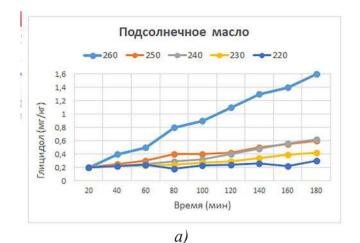
рисунок), включая подсолнечное, которое

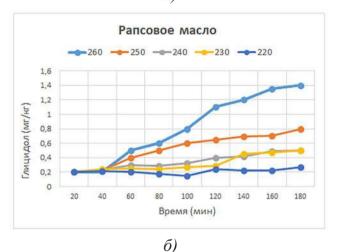
В соевом и рапсовом маслах достигнутые максимальные концентрации глицидиловых эфиров составляют 1,4 и 5,5 мг/кг (см.

рисунок,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ).

Изучение глицидиловых эфиров крайне важно для разработки и оптимизации промышленных смазочных материалов, так как эти соединения обладают необходимыми химическими и физическими свойствами для улучшения характеристик смазочных составов. Существенным аспектом этого исследования является анализ концентрации глицидиловых эфиров в различных растительных маслах после процесса дезодорации. Для подсолнечного и рапсового масел выявлено, что после 120 мин дезодорации при температуре 250 °C или ниже, концентрация этих эфиров удерживается на уровне менее 1 мг/кг. В случае соевого масла, этот уровень достигнут уже при 230 °C.

В промышленных смазочных материалах, использование глицидиловых эфиров обретает особое значение, в силу их уникальных химических и физических свойств, в том числе антифрикционных и антиоксидационных. Расширенный анализ концентрации глицидиловых эфиров после процедуры дезодорации растительных масел, в частности, соевого, рапсового и подсолнечного, позволяет не только оптимизировать процесс изготовления смазочных материалов, но и обеспечивает научное понимание механизмов их формирования. По результатам экспериментов, концентрация глици-





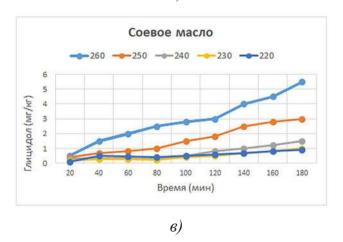


Рисунок. Количество глицидола при дезодорации подсолнечного (a), рапсового (b) и соевого (b) масел

диловых эфиров в соевом масле достигает 2,3 мг/кг при дезодорации при температуре 250 °С и давлении 3 мм рт. ст., что делает его наиболее предпочтительным сырьем для СМ с высоким содержанием этих эфиров.



С точки зрения химической кинетики выявлено, что образование глицидиловых эфиров в растительных маслах подчиняется определенной динамике. В частности, в ходе экспериментов с дезодорацией соевого масла определено, что критический диапазон температур, при котором образование эфиров наиболее интенсивно, находится в пределах 230–240 °C. Этот факт имеет прямое приложение в разработке технологических режимов для промышленного производства смазочных материалов, основанных на растительных маслах.

В ходе анализа механизма образования глицидиловых эфиров установлено, что их формирование связано с наличием в растительных маслах свободных жирных кислот и их эфиров. При проведении нагревания смеси глицерина и жирных кислот при температуре 200 °C в течение 30 мин концентрация глицидиловых эфиров увеличивается до 0,5 мг/кг, что влияет на общую химическую стабильность и функциональные характеристики промышленных смазок. На концентрацию этих эфиров в СМ влияют и другие факторы, включая степень очистки масла, присутствие катализаторов и условия дезодорации. Это позволяет сделать вывод о комплексной природе процессов, участвующих в формировании глицидиловых эфиров, и о необходимости многоаспектного подхода при их изучении с целью оптимизации смазочных материалов.

Анализ исследования представлен в таблице и позволяет сделать следующие ключевые выводы относительно применения глицидиловых эфиров в смазочных материалах для станков и промышленного оборудования. Прежде всего, отмечается тенденция к уменьшению вязкости смазочных составов при увеличении концентрации глицидиловых эфиров. Так, в базовом масле вязкость при 40 °C составляет 95 cSt, в то время как в смеси с 15 % глицидилово-

го эфира этот показатель снижается до 85 cSt. Это может быть интерпретировано как положительный аспект, поскольку снижение вязкости улучшает подачу смазки и теплообменные характеристики. Вторым значимым параметром является температура вспышки, которая имеет прямую корреляцию с добавлением глицидиловых эфиров: от 220 °C для базового масла до 240 °C для масла с 15 % содержанием глицидиловых эфиров. Повышение температуры вспышки снижает риск воспламенения смазки, что является важным параметром для обеспечения безопасности промышленного оборудования. Третьим ключевым показателем является износ, измеренный в миллиметрах. Этот параметр снижается с увеличением концентрации глицидиловых эфиров, начиная от 0,45 мм для базового масла до 0,15 мм для масла с 15 % добавкой. Это указывает на высокую эффективность глицидиловых эфиров в качестве антифрикционных добавок, что может существенно продлить срок службы механического оборудования.

Эмпирические данные свидетельствуют о том, что глицидиловые эфиры, полученные из соевого масла, обеспечивают наиболее значительные улучшения с точки зрения стабильности и эксплуатационных характеристик СМ. Эти улучшения особенно заметны в критическом диапазоне температур 220-240 °C. Как время выдержки, так и температура оказывают выраженное влияние на эксплуатационные параметры смазочных материалов на основе глицидилового эфира. Примечательно, что температура становится важнейшим фактором, влияющим не только на стабильность, но и на трибологические свойства смазочных материалов.

Результаты показывают, что оптимальные условия для максимального содержания глицидиловых эфиров достигаются при температуре около 250 °С и времени воздей-

ствия 2 ч. Глицидиловые эфиры представляют собой перспективные компоненты для промышленных смазочных материалов. Их высокая термостабильность и антиоксидантные свойства делают их идеальными для применения в смазочных материалах, работающих в условиях высоких температур. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать разработке новых, более эффективных и экологически безопасных смазочных материалов.

Исследование применения глицидиловых эфиров в смазочных материалах для промышленного использования открывает новые горизонты в области трибологии и материаловедения. Согласно данным исследованиям, эффективность применения глицидиловых эфиров в качестве добавок к базовым маслам напрямую зависит от ряда ключевых параметров. Например, при повышении температурного диапазона эффективность глицидиловых эфиров как присадок увеличивается. Это может быть связано с термодинамическими процессами, обусловленными химической структурой этих соединений. Минеральные и синтетические масла имеют различную аффинность к глицидиловым эфирам, что, возможно, связано с различным молекулярным строением и вязкостными характеристиками этих масел.

При содержании в базовом масле других присадок, таких как антиоксиданты, противозадирные и противоизносные компоненты установлено, что глицидиловые эфиры могут взаимодействовать с ними, образуя стабильные комплексы, что улучшает их смазывающие свойства.

На этом фоне представляется актуальным дальнейшее изучение взаимодействий глицидиловых эфиров с различными типами базовых масел и присадок. Это позволит не только оптимизировать существующие формулы смазочных материалов, но и разработать новые, более эффективные

композиции. Для детального анализа таких взаимодействий требуются методы, основанные на высокоточных аналитических техниках, таких как спектроскопия ЯМР, газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектором и рентгеновская фазовая аналитика.

**Выводы.** 1. Исследование эффективности глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах демонстрирует весьма обнадеживающие результаты, особенно в контексте применения в станках и промышленном оборудовании.

- 2. Результаты экспериментов показывают тенденцию к уменьшению вязкости смазочных материалов при увеличении концентрации глицидиловых эфиров. Например, вязкость при 40 °C для базового масла составляет 95 cSt, но при добавлении 15 % глицидиловых эфиров, этот показатель снижается до 85 cSt. Это улучшение ведет к более эффективной подаче смазки и оптимизации теплообменных характеристик.
- 3. Температура вспышки смазочных материалов повышается с добавлением глицидиловых эфиров до 240 °C. Этот факт значим для обеспечения безопасных условий эксплуатации промышленного оборудования, уменьшая вероятность воспламенения смазки при высоких рабочих температурах.
- 4. В контексте износостойкости, измеренная степень износа также демонстрирует значительное улучшение с добавлением глицидиловых эфиров. Износ снижается с 0,45 мм для базового масла до 0,15 мм для масла с 15 % содержанием глицидилового эфира. Это указывает на высокую эффективность использования этих соединений как антифрикционных добавок, способных существенно продлить срок службы промышленного оборудования.

Таблица

## Анализ результатов эксперимента по применению глицидиловых эфиров в смазочных материалах для станков и промышленного оборудования

	Базовое	БМ +	БМ +	БМ +	
Параметры/Состав смазки	масло (БМ)	глицидиловый	глицидиловый	глицидиловый	
		эфир 5 %	эфир 10 %	эфир 15 %	
Вязкость при 40 °C, cSt	95	92	89	85	
Температура вспышки, °С	220	230	235	240	
Износ, мм	0,45	0,35	0,25	0,15	
Температура зажигания, °С	365	370	375	380	
Стоимость за литр, долл.	3	3,2	3,4	3,6	

#### Список литературы

- 1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats // Arch. Toxicol. 2013. № 87 (9). Pp.1649–1659.
- 2. Владыкина Д. С., Ламоткин С. А., Колногоров К. П. и др. Разработка купажей растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом // Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2015.  $\mathbb{N}$  4. С. 240–245.
- 3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods // Compr. Rev. Food Sci. F. 2017. № 16 (2). Pp. 263–281.
- 4. Хотимченко С. А., Бессонов В. В., Багрянцева О. В., Гмошинский И. В. Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений // Медицина труда и экология человека. 2015.  $\mathbb{N}$  4. С.7–14.
- 5. Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгуряну Т. Н., Гудков А. Б. Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.
- 6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation // Food Chem. 2012. № 132 (1). Pp. 73–79.
- 7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl

- esters of fatty acids in vegetable oils // Oil Chem. Soc. 2011. № 88 (9). Pp. 1275–1283.
- 8. *Thurer A., Granvogl M.* Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Science. 2014. Vol. 2. Pp. 91–120.
- 9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism // Food Chem. 2012. № 131 (4). Pp. 1391–1398.
- 10. *Sipos E. F., Szuhaj B. F.* Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds // Food Chem. 2016. Vol. 2. Pp. 497–602.
- 11. *Ermacora A., Hrncirik K.* Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Food Chem. 2014. Pp. 57–90.
- 12. *Gao B., Li Y., Huang G., Yu L.* Fatty Acid Esters of 3-Monochloropro-panediol: a review // Annu. Rev. Food Sci. Technol. 2019. № 10 (1). Pp. 259–84.
- 13. Макаренко М. А., Малинкин А. Д., Бессонов В. В., Боков Д. О. Определение эфиров монохлорпропандиола и глицидиловых эфиров методом длительной щелочной переэтерификации с газовой хроматографией с тандемным масс-спектрометрическим детектированием в пищевых растительных маслах и масложировых продуктах // Вопросы питания. 2020. № 89 (6). Рр. 113—122.
- 14. Зверев С. В., Карпов В. И., Никитина М. А. Оптимизация пищевых композиций по

ОМД

- профилю идеального белка // Пищевые системы. 2021. № 4 (1). Рр. 4–11.
- 15. *Кинаш М. И., Боярчук О. Р.* Жирорастворимые витамины и иммунодефицитные состояния: механизмы влияния и возможности использования // Вопросы питания. 2020. № 89 (3). С. 22–32.

#### Reference

- 1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats. *Arch. Toxicol.*, 2013, no. 87 (9), pp.1649–1659.
- 2. Vladykina D. S., Lamotkin S. A., Kolnogorov K. P. et al. Development of blends of vegetable oils with a balanced fatty acid composition. *Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2015, no. 4, pp. 240–245.
- 3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 2017, no. 16 (2), pp. 263–281.
- 4. Khotimchenko S. A., Bessonov V. V., Bagryantseva O. V., Gmoshinsky I. V. Food safety: new problems and solutions. *Occupational Medicine and Human Ecology*, 2015, no. 4, pp. 7–14.
- 5. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Ungureanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food products and its impact on the health of the population of the Arkhangelsk region. *Human Ecology*, 2012, no. 12, pp. 3–9.
- 6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation. *Food Chem.*, 2012, no. 132 (1), pp. 73–79.

- 7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils. *Oil Chem. Soc.* 2011. no. 88 (9). pp. 1275–1283.
- 8. Thurer A., Granvogl M. Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Science*, 2014, vol. 2, pp. 91–120.
- 9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism, *Food Chem.*, 2012, no. 131 (4), pp. 1391–1398.
- 10. Sipos E. F., Szuhaj B. F. Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds. *Food Chem.*, 2016, vol. 2, pp. 497–602.
- 11. Ermacora A., Hrncirik K. Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Food Chem.*, 2014, pp. 57–90.
- 12. Gao B., Li Y., Huang G., Yu L. Fatty Acid Esters of 3-Monochloropro-panediol: a review. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 2019, no. 10 (1), pp. 259–284.
- 13. Makarenko M. A., Malinkin, A. D. Bessonov V. V., Bokov, D. O. Determination of monochloropropanediol esters and glycidyl esters by long-term alkaline transesterification with gas chromatography with tandem mass spectrometric detection in edible vegetable oils and fat-and-oil products. *Nutrition Issues*, 2020, no. 89 (6), pp. 113–122.
- 14. Zverev, S. V., Karpov, V. I., & Nikitina, M. A. Optimization of food compositions according to the ideal protein profile. Food systems, 2021, no. 4 (1), pp. 4–11.
- 15. Kinash M. I., Boyarchuk O. R. Fatsoluble vitamins and immunodeficiency states: mechanisms of influence and possibilities of use. *Nutrition Issues*, 2020, no. 89 (3), pp. 22–32.

УДК 665.1.09:621.892

Н. Е. АЛЬЖАКСИНА, А. Б. ДАЛАБАЕВ, М. С. МАНТАЙ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научноисследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. Б. САРШАЕВА (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)

ОМД

E-mail: dalabaev\_askhat@mail.ru

N. E. Alzhaksina, A. B. Dalabaev, M. S. Mantai (Astana branch of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. B. Sarshaeva (Taraz Regional University named after M. H. Dulati, Taraz, Kazakhstan)

## Уровни образования глицидиловых эфиров для использования в промышленных смазочных материалах

## Levels of formation of glycidyl esters for use in industrial lubricants

Рассмотрены уровни образования глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах, уделено внимание их образованию в различных условиях эксплуатации в машинах и промышленном оборудовании. В исследовании изучается влияние различных температур и механических напряжений на накопление глицидиловых эфиров в трех типах базовых масел: минеральных, синтетических и биологических. В статье делается вывод, что сбалансированный подход к условиям эксплуатации может уменьшить образование глицидиловых эфиров, увеличивая как долговечность, так и эксплуатационные характеристики смазочных материалов.

The article examines the levels of formation of glycidyl esters in industrial lubricants, focusing on their generation under different operational conditions in machinery and industrial equipment. The study scrutinizes the effects of varying temperature and mechanical stress on the accumulation of glycidyl esters in three types of base oils: mineral, synthetic, and bio-based. The paper concludes that a balanced approach to operational conditions can mitigate the formation of glycidyl esters, enhancing both the longevity and performance of the lubricants.

**Ключевые слова**: глицидиловые эфиры; дезодарация; растительные масла, жиросодержащие продукты; рафинирования; аналитические методы; подсолнечное масло; рапсовое масло; соевое масло.

**Keywords**: glycidyl esters; deodorization; vegetable oils; fat-containing products; refining; analytical methods; sunflower oil; rapeseed oil; soybean oil.

Исследование проводится в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 гг. BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности».

Сложная природа современного промышленного оборудования требует смазочных материалов (СМ), отвечающих критериям высокой производительности и безопасности, что требует глубокого понимания изменений состава, которым эти СМ могут подвергаться в процессе использования. Одним из соединений, вызывающих озабоченность, являются глицидиловые эфиры, которым уделяется повышенное внимание из-за их потенциального влияния как на эффективность, так и на безопасность промышленных смазочных материалов. Таким образом, исследования уровней образования глицидиловых эфиров в промышленных СМ приобретают все большее значение.

*Цель данной работы* – исследование влияния изменяющихся условий эксплуатации машин, таких как температура и механические нагрузки, на образование глицидиловых эфиров в минеральных, синтетических и биоосновных маслах.

Глицидиловые эфиры представляют собой класс химических соединений, которые могут формироваться в промышленных смазочных материалах под влиянием различных операционных параметров, таких как температура и механическая нагрузка [1]. Эти соединения вызывают опасения с точки зрения промышленной безопасности и эффективности СМ, поскольку они могут деградировать производительные характеристики и устойчивость смазки [2]. В частности, минеральные, синтетические и биоосновные масла, часто используемые в качестве базовых масел для смазочных материалов, подвергаются термическому и механическому воздействию, которые могут способствовать формированию глицидиловых эфиров [3].

Согласно результатам исследований, уровни глицидиловых эфиров варьируют в зависимости от типа базового масла и операционных условий [4]. Например, биоосновные масла, которые природным образом богаты диглицеридами, имеют уровень глицидиловых эфиров в диапазоне от 2 до 14 % при эксплуатации при температурах выше 220 °C [5]. Для минеральных и синтетических масел эта концентрация не превышает 0,7 мг/кг при схожих условиях [6]. Синтез глицидиловых эфиров в промышленных СМ часто происходит при температуре в районе 200-275 °C и высокой механической нагрузке [7]. Такое формирование обусловлено процессами окисления и полимеризации, которые ускоряются при повышенных температурах и механическом стрессе [8]. Это особенно критично для СМ, используемых в высоконагруженных и высокоскоростных системах, таких как турбины, приводы и подшипники [9].

## Материалы и методы

По данным исследований, концентрация глицидиловых эфиров может коррелировать с физико-химическими свойствами базовых масел, такими как вязкость, кислотное число и наличие антиоксидантов [10]. Большие концентрации этих эфиров обычно обнаруживаются в биоосновных маслах с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот [11]. Методы определения глицидиловых эфиров включают жидкостную хроматографию и масс-спектрометрию [12]. Эти методы требуют использования эталонных соединений и внутренних стандартов для точного и надежного определения [13]. Альтернативные подходы включают термическую десорбцию и газовую хроматографию для анализа газообразных продуктов деградации, которые могут указывать на присутствие глицидиловых эфиров [14, 15].

В исследовании масла подвергаются серии имитационных условий эксплуатации, с которыми обычно сталкивается промыш-



ленное оборудование, в соответствии с 32-факторным экспериментальным проектом. Две независимые переменные, а именно температура и механическое напряжение, исследованы с использованием методологии поверхности отклика. Основная цель состоит в том, чтобы оценить, как эти переменные влияют на уровни образования глицидилового эфира.

Эксперименты по формированию глицидиловых эфиров проводятся на базе различных типов промышленных смазочных материалов: минеральных, синтетических и биоосновных. Объем каждой пробной партии составляет 150 грамм, а экспериментальные условия включают температурный диапазон от 220 до 260 °C. Время нагрева смазочных материалов до заданной температуры варьируется от 10 до 15 мин, а общая продолжительность эксперимента составляет 3 часа при давлении 3-4 мбар и использовании азота как инертного газа. Пробы смазочных материалов отбирались каждые 150 мин, соблюдая непрерывность вакуума в экспериментальной системе.

Квантитативная оценка уровней глицидиловых эфиров осуществляется с помощью метода AOCS Cd 29b-13, разработанного специально для этих целей. Этот метод включает в себя стадию гидролиза эфиров в присутствии щелочного катализатора, в результате которого образуется глицидол. Далее глицидол трансформируется в монобромпропандиол и соответствующие производные диолов при помощи фенилбороновой кислоты. Идентификация этих соединений проводится методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией в режиме отслеживания выбранных ионов. Для определения оптимальных условий формирования глицидиловых эфиров используется методика поверхности отклика (RSM). Проведенные 32 полных факторных эксперимента статистически оценены

с применением дисперсионного анализа (ANOVA) в программе Statistica 13. Эти данные позволяют установить корреляционные зависимости между температурой, временем пребывания СМ в заданных условиях и уровнем образования глицидиловых эфиров (см. табл. 1).

Таблица 1 Полнофакторный 3<sup>2</sup> экспериментальный проект

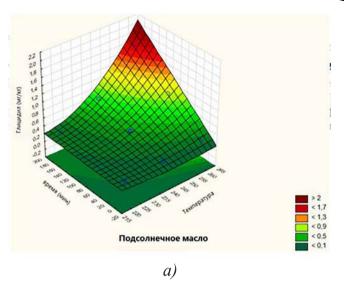
Независимые переменные		Уровни		
		-1	0	+1
$x_1$	Температура, °С	220	240	260
$x_2$	Время пребывания, мин	0	90	180

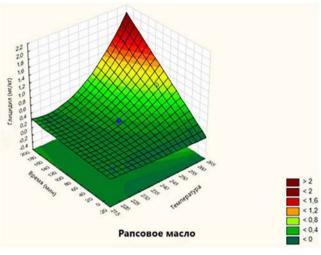
Примечание. Центральную точку из 3<sup>2</sup> полных факторных расчетов (средняя температура 240 °C и среднее время 90 мин) повторяют три раза. В методологии поверхности отклика приняты во внимание только значимые эффекты.

## Результаты и обсуждение

Применение поверхности отклика позволяет одновременно определить основные эффекты и взаимодействия. *ANOVA* показывает существенные эффекты, которые могут быть использованы для построения модели поверхности отклика. Приспособленные поверхности для подсолнечного, рапсового и соевого масел представлены на рисунке.

Контуры поверхностей отклика для уровней глицидиловых эфиров в промышленных СМ демонстрируют схожие характеристики, различаясь преимущественно по абсолютной высоте. Взаимодействие между независимыми переменными, такими как температура и время экспозиции, можно наблюдать через эти адаптированные поверхности. В условиях низких температурных режимов уровни глицидиловых эфиров в смазочных материалах имеют тенденцию к прогрессивному увеличению со временем. В отличие от этого, при более высоких





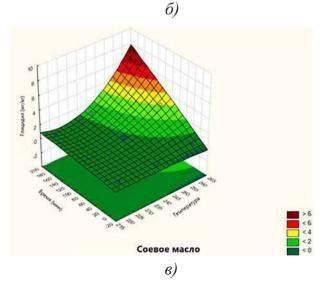


Рисунок. Приспособленные поверхности отклика для подсолнечного (a), рапсового  $(\delta)$  и соевого (s) масел

температурах наблюдается более быстрый прирост уровней этих эфиров.

В отношении всех трех видов масел, полученных из семян, наибольший эффект оказывает температура. Вторым и третьим по важности факторами являются взаимодействие между независимыми переменными и воздействие времени, соответственно, хотя квадратичные элементы и их соединение с другими параметрами также проявляют себя в значительной части ситуаций.

Коэффициенты регрессии приведены в табл. 2. Коэффициенты в случае подсолнечного и рапсового масел очень схожи, поэтому диаграммы поверхности отклика для этих масел находятся в одном и том же диапазоне значений.

### Обсуждение

Сопоставление данных выявляет, что максимальное содержание глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах находится в изделиях, основанных на соевых составляющих, превосходя аналоги на базе подсолнечных и рапсовых компонентов. Эта повышенная концентрация глицидиловых эфиров, сформировавшаяся в процессе термической обработки, коррелирует с наличием значительного количества ди- и моноацилглицеринов в исходных материалах. Установлено, что критический интервал температур для термической обработки составляет от 220 до 240 °C. Превышение этих параметров может привести к концентрации глицидиловых эфиров выше 0,6 мг/кг, что зависит от качества начального сырья. Особенно интенсивное образование глицидиловых эфиров наблюдается при температуре от 230 до 240 °C, что определяет данный диапазон как критический в контексте термической обработки.

Обнаружено, что для всех трех базовых масел температура, так и механическое воздействие оказывают значительное влияние на образование глицидилового эфира, хотя температура оказывает более вы-

2023. № 8



Таблииа 2 Коэффициенты регрессии для пересечения (I), линейных и квадратичных коэффициентов, а также взаимодействия между факторами в адаптированных моделях масел из семян

Показатель	Подсолнечное масло	Рапсовое масло	Соевое масло	
I	7,96	7,13	10,33	
T	$-6,73\cdot 10^{-2}$	$-5,9\cdot 10^{-2}$	$-9,02 \cdot 10^{-2}$	
$T^2$	$1,45 \cdot 10^{-4}$	1,23·10 <sup>-4</sup>	$2 \cdot 10^{-4}$	
t	$1,17 \cdot 10^{-1}$	$2,16\cdot 10^{-1}$	1,14	
$t^2$	Э. Н.	Э. Н.	э. н.	
Tt	$-1,13\cdot 10^{-3}$	$-1,96\cdot10^{-3}$	$-1,01\cdot 10^{-2}$	
$T^2t$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	
$Tt^2$	Э. Н.	Э. Н.	$-2.38 \cdot 10^{-8}$	
Примечание. э. н. – эффект незначительный				

раженное воздействие. В частности, масла на биологической основе демонстрируют самую высокую скорость образования глицидилового эфира в условиях повышенной температуры. Чтобы ограничить образование глицидиловых эфиров, рекомендуются оптимальные условия эксплуатации; однако этот подход ограничен необходимостью поддержания производительности и долговечности промышленного оборудования. Это исследование способствует пониманию механизмов образования глицидиловых эфиров в промышленных СМ и может служить руководством для будущих стратегий эффективного решения этой проблемы.

Выводы. 1. Исследование оценивает механизмы образования глицидиловых эфиров в промышленных СМ, основанных на растительных компонентах. Установлено, что концентрация ди- и моноацилглицеринов в исходных материалах играет значительную роль в скорости формирования этих эфиров в процессе термической обработки. Эксперименты показывают, что поднятие температуры до диапазона 220-240 °C может привести к недопустимо высоким уровням этих эфиров, превышающим 0,6 мг/кг, что делает этот температурный диапазон критическим для термической обработки.

2. В контексте промышленного производства смазочных материалов, управление этим процессом позволяет установить максимальный допустимый уровень глицидиловых эфиров в 1 мг/кг. Это достигается через стратегическое применение превентивных мер, таких как оптимизация исходных материалов и термических условий. Однако, для специализированных применений, таких как смазочные материалы в пищевой промышленности или детских продуктах, требуются дополнительные ограничения и высококачественные исходные материалы, подвергнутые строгим процессам рафинации.

### Список литературы

- 1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats // Arch. Toxicol. 2013. № 87 (9). Pp. 1649–1659.
- 2. Владыкина Д. С., Ламоткин С. А., Колногоров К. П. и др. Разработка купажей растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом // Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2015. № 4. C. 240-245.
- 3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods // Compr. Rev. Food Sci. F. 2017. № 16 (2). Pp. 263–281.

4. Хотимченко С. А., Бессонов В. В., Багрянцева О. В., Гмошинский И. В. Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений // Медицина труда и экология человека. 2015.  $\mathbb{N}$  4. C.7–14.

90

- 5. Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгуряну Т. Н., Гудков А. Б. Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.
- 6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation // Food Chem. 2012. № 132 (1). Pp. 73–79.
- 7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils // Oil Chem. Soc. 2011. № 88 (9). Pp. 1275–1283.
- 8. *Thurer A., Granvogl M.* Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Science. 2014. Vol. 2. Pp. 91–120.
- 9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism // Food Chem. 2012. № 131 (4). Pp. 1391–1398.
- 10. *Sipos E. F., Szuhaj B. F.* Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds // Food Chem. 2016. Vol. 2. Pp. 497–602.
- 11. *Ermacora A., Hrncirik K.* Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Food Chem. 2014. Pp. 57–90.
- 12. Yao Y., Cao R., Liu W. et al. Molecular reaction mechanism for the formation of 3-chloropropanediol esters in oils and fats // J. Agric. Food Chem. 2019. Vol. 67. № 9. Pp. 2700–2708.
- 13. *Tiong S. H., Saparin N., Teh H. F.* et al. Natural Organochlorines as precursors of 3-monochloropropanediol esters in vegetable oils // J. Agric. Food Chem. 2018. Vol. 66. № 4. Pp. 999–1007.
- 14. *Зайцева Л. В.* Современные требования к растительным маслам и продуктам их пере-

- работки для производства пищевой продукции функционального и специализированного назначения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 3.
- 15. *Коновалов Д. А.* Природные полиацетиленовые соединения. Фармация и фармакология. 2014. № 4. С. 23–47.

### Reference

- 1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats. *Arch. Toxicol.*, 2013, no. 87 (9), pp.1649–1659.
- 2. Vladykina D. S., Lamotkin S. A., Kolnogorov K. P. et al. Development of blends of vegetable oils with a balanced fatty acid composition. *Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2015, no. 4, pp. 240–245.
- 3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 2017, no. 16 (2), pp. 263–281.
- 4. Khotimchenko S. A., Bessonov V. V., Bagryantseva O. V., Gmoshinsky I. V. Food safety: new problems and solutions. *Occupational Medicine and Human Ecology*, 2015, no. 4, pp. 7–14.
- 5. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Ungureanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food products and its impact on the health of the population of the Arkhangelsk region. *Human Ecology*, 2012, no. 12, pp. 3–9.
- 6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation. *Food Chem.*, 2012, no. 132 (1), pp. 73–79.
- 7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils. *Oil Chem. Soc.* 2011. no. 88 (9). pp. 1275–1283.
- 8. Thurer A., Granvogl M. Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Science*, 2014, vol. 2, pp. 91–120.



- 9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism, *Food Chem.*, 2012, no. 131 (4), pp. 1391–1398.
- 10. Sipos E. F., Szuhaj B. F. Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds. *Food Chem.*, 2016, vol. 2, pp. 497–602.
- 11. Ermacora A., Hrncirik K. Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Food Chem.*, 2014, pp. 57–90.
- 12. Yao Y., Cao R., Liu W. et al. Molecular reaction mechanism for the formation of 3-chloropropanediol esters in oils and fats. *J. Agric. Food Chem.*, 2019, vol. 67, no. 9, pp. 2700–2708.

- 13. Tiong S. H., Saparin N., Teh H. F. et al. Natural Organochlorines as precursors of 3-monochloropropanediol esters in vegetable oils. *J. Agric. Food Chem.*, 2018, vol. 66, no. 4, pp. 999–1007.
- 14. Zaitseva L. V. Modern requirements for vegetable oils and products of their processing for the production of functional and specialized food products. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2021, no. 3.
- 15. Konovalov D. A. Natural polyacetylene compounds. *Pharmacy and pharmacology*, 2014, no. 4, pp. 23–47.

УДК 665.1.09:621.899

А. Б. ДАЛАБАЕВ, Н. Е. АЛЬЖАКСИНА, М. С. МАНТАЙ (Астанинский филиал ТОО «Казахский научноисследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», г. Астана, Казахстан); А. Б. САРШАЕВА (Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан)

E-mail: dalabaev\_askhat@mail.ru

A. B. Dalabaev, N. E. Alzhaksina, M. S. Mantai (Astana branch of Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Astana, Kazakhstan); A. B. Sarshaeva (Taraz Regional University named after M. H. Dulati, Taraz, Kazakhstan)

## Снижение содержания 3-MCPD и глицидиловых эфиров для улучшения промышленных смазок

## Reducing the content of 3-MCPD and glycidyl esters to improve industrial lubricants

Исследование направлено на изучение и разработку эффективных стратегий снижения концентрации эфиров жирных кислот 3-МХПД и глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах, которые идентифицированы как потенциально опасные соединения. В исследовании используется трехсторонний подход, который включает упреждающую минимизацию содержания соединений-прекурсоров в сырье, изменения в производственном процессе и удаление этих сложных эфиров после производства. Среди этих стратегий предварительная обработка сырья для удаления прекурсоров оказывается наиболее эффективным методом уменьшения присутствия этих нежелательных эфиров в промышлен-

ных смазочных материалах. Это исследование может проложить путь к разработке более безопасных и эффективных промышленных смазочных материалов, тем самым внося значительный вклад в стандарты машиностроения и промышленной безопасности.

This research aims to explore and develop effective strategies for reducing the concentrations of 3-MCPD fatty acid esters and glycidyl esters in industrial lubricants, which have been identified as potentially hazardous compounds. The study employs a tripartite approach that encompasses the preemptive minimization of precursor compounds in raw materials, alterations in the manufacturing process, and the post-production removal of these esters. Among these strategies, preliminary treatment of raw materials to remove precursors has been found to be the most effective technique for mitigating the presence of these undesirable esters in industrial lubricants. This research could pave the way for the development of safer and more efficient industrial lubricants, thereby significantly contributing to mechanical engineering and industrial safety standards.

**Ключевые слова**: глицидиловые эфиры; дезодарация; растительные масла; жиросодержащие продукты; рафинирования; 3-MCPD; рапсовое масло.

**Keywords**: glycidyl ethers; deodorization; vegetable oils; fat-containing products; refining; 3-MCPD; rapeseed oil.

Исследование проводится в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 гг. BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности».

Промышленные смазочные материалы (СМ) являются ключевыми компонентами, обеспечивающими бесперебойную работу механических систем. Однако недавние аналитические исследования выявляют присутствие опасных эфиров жирных кислот 3-MCPD и глицидиловых эфиров в этих СМ, что подчеркивает настоятельную необходимость в стратегиях по снижению воздействия. Объем этого исследования включает идентификацию и количественную оценку этих сложных эфиров, а также критический анализ путей их образования в процессе синтеза промышленных смазочных материалов.

*Цель данной работы* – исследование возможных методики снижения концентрации

эфиров жирных кислот *3-MCPD* и глицидиловых эфиров с акцентом на их происхождение при составлении смазочных материалов и последующих стратегиях улучшения качества.

Снижение формирования 3-MCPD и его глицидиловых эфиров представляет ключевую значимость для улучшения качества промышленных смазок. Эти вещества, являющиеся продуктами хлорирования, образуются при реакции нуклеофильного замещения между хлоридными ионами и ацилглицеролами, преимущественно триацилглицеринами и диацилглицеринами, в процессе термоокислительной дезодорации. Спектр хлорорганических прекурсоров, обусловливающих образование этих



хлорсодержащих эфиров, в пальмовом масле, часто используемом в промышленных смазках, весьма разнообразен, включая органические и неорганические хлориды [1–3].

Концентрация водорастворимых хлоридов в пальмовом масле может колебаться от 1 до 10 мг/кг. Этот факт подтверждает необходимость применения методик предварительной очистки сырья с целью минимизации концентрации хлорсодержащих соединений. Одним из наиболее эффективных способов достижения этой цели является промывка сырья полярными растворителями, такими как вода или водно-спиртовые смеси. Альтернативным подходом является промывка целлюлозы в ходе экстракции масла, что позволяет избежать контакта хлорированных соединений с триацилглицеринами [4].

Несмотря на эту эффективную тактику промывки, наличие ацилглицеринов, как прекурсоров в реакции образования 3-MCPD, также имеет влияние. Пальмовое масло отличается высоким содержанием диацилглицеринов (DAGs), которое может достигать 12 % при среднем уровне около 6,5 % [5]. Это значительно выше, чем в большинстве других растительных масел, где концентрация DAGs колеблется в пределах 1–2 %. Следовательно, пальмовое масло представляет особый интерес с точки зрения риска формирования 3-MCPD и глицидиловых эфиров в процессе термоокислительной дезодорации [6–8].

Технологические аспекты рафинирования сырья также могут влиять на формирование этих нежелательных веществ. Процесс рафинирования может быть как физическим, так и химическим, причем каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Физическое рафинирование обладает экологическими преимуществами, такими как минимальное использова-

ние химических реагентов и отсутствие сточных вод [9]. Однако химическое рафинирование, в частности, использование растворов гидроксида натрия для нейтрализации, позволяет проводить дезодорацию при более низких температурах, что снижает риск образования 3-MCPD [10].

## Материалы и методы

Для этого исследования использовано несколько типов промышленных СМ, каждый из которых потенциально подвержен образованию сложных эфиров жирных кислот 3-MCPD и глицидиловых эфиров в процессе производства. Раскрыты три основные стратегии:

- преимущественное сокращение содержания соединений-прекурсоров в сырье;
- дополнения и модификации в процессе производства;
- устранение этих сложных эфиров после производства.

Для оценки эффективности каждого подхода применены сложные аналитические методы.

В процессе производства промышленных смазочных материалов, снижение уровней 3-МСРО (3-хлорпропан-1,2-диол) и его глицидиловых эфиров является критическим этапом, учитывая их потенциальную токсичность и негативное воздействие на качество продукта. Этот фактор имеет особую значимость, учитывая роль этих смазочных материалов в различных отраслях промышленности, включая автомобильную, аэрокосмическую и производственную сферы.

Эксперименты по дезодорации проводятся в объемах по 150 г и при температурном диапазоне 220–260 °C [11]. Основной стратегией для минимизации образования этих нежелательных соединений является предотвращение появления их прекурсоров на этапах первичной переработки. Использование кислот в процессе дегуммирования

активизирует формирование прекурсоров 3-МСРД, тогда как общий процесс дегуммирования в целом способствует уменьшению содержания 3-МСРО и глицидиловых эфиров на последующих этапах [11]. Применение дополнительной стадии нейтрализации эффективно снижает потенциал сырого масла к формированию 3-МСРД и глицидиловых эфиров. Это достигается путем снижения кислотности масла перед этапом дезодорации и устранения потенциальных прекурсоров в ходе промывки нейтрализованного масла. При использовании гидроксида калия и гидроксида натрия в концентрациях 45 и 35 %, соответственно, демонстрируется заметно более низкая способность масел к образованию данных эфиров по сравнению с необработанным материалом.

Отбеливание материала также оказывает заметное влияние на уровни этих нежелательных соединений. В экспериментах выявлена корреляция между кислотностью отбеливающей земли и уровнями *3-МСРО* в отбеленном масле. В свете этого, рекомендуется использование натуральных отбеливающих земель или кислотно-активированных земель с более нейтральным значением рН. Любые остатки минеральных кислот могут быть эффективно удалены с помощью последующей комплексной промывки [11–16].

### Результаты и обсуждение

Результаты лабораторных исследований по образованию глицидиловых эфиров при нагревании демонстрируют разнообразие в отношении различных типов растительных масел, используемых в производстве промышленных смазок. Подсолнечное масло, рапсовое масло первого отжима, соевое масло и пальмоядровый жир показывают низкую способность к образованию сложных эфиров, с количеством порядка 1 мг

3-MCPD и глицидиловых эфиров на кг масла после термической обработки при 240 °C в течение 2 часов. На другом конце спектра находится пальмовое масло, которое демонстрирует широкий диапазон образования этих потенциально опасных соединений (см. рис. 1).

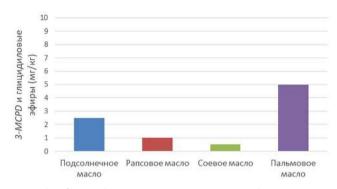


Рис. 1. Способность сырых масел образовывать *3-MCPD* и глицидиловые эфиры при нагревании

Наиболее важным этапом в процессе обработки является дезодорация, поскольку образование сложных эфиров 3-МСРО и глицидила является реакцией, вызванной нагреванием, а повышение температуры приводит к увеличению содержания загрязняющих веществ в получаемом масле. В то время как количество этих эфиров остается в пределах 2-4 мг/кг при температуре в диапазоне 180-270 °C, для глицидиловых эфиров можно обнаружить почти экспоненциальное увеличение при температурах выше 240 °C (см. рис. 2). Температура 200 °C имеет решающее значение для образования глицидиловых эфиров из DAG. Появление сложных эфиров 3-МСРО происходит на ранней стадии периода нагревания и требует лишь минимального нагрева.

Сильная температурная зависимость образования глицидиловых эфиров открывает новые многообещающие возможности для уменьшения образования сложных эфиров во время дезодорации путем снижения температуры. В этом случае температурная нагрузка на образец должна быть как можно

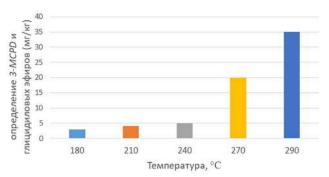


Рис. 2. Образование *3-MCPD* и глицидиловых эфиров при дезодорации сырого пальмового масла при различных температурах

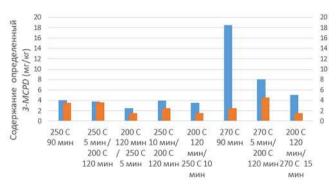


Рис. 3. Влияние обычной и двойной дезодорации пальмового масла на образование *3- МСРD* и глицидиловых эфиров

ниже при одновременном сохранении качества масла, ожидаемого перерабатывающей промышленностью и потребителем.

Применение двухэтапного процесса дезодорации, включающего 120 мин нагревания при 200 °C на первой стадии и 5 мин при 250 °C на второй стадии, позволяет значительно снизить уровни 3-МСРО и глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах (см. рис. 3). Конкретно, уровни *3-МСРО* снижаются на две трети, а общий уровень этих и глицидиловых эфиров снижается до одной трети по сравнению с традиционными методами дезодорации. Дополнительное применение температуры 270 °C на обоих этапах, каждый продолжительностью 120 и 5 мин, соответственно, приводит к уменьшению этих соединений на 80 % по сравнению с одноэтапной дезодорацией при 270 °C в течение 90 мин.

Существует несколько методик снижения содержания этих опасных соединений в процессе производства промышленных смазок. Одним из них является добавление 0,5-2,5 % (по объему) этанола или глицерина к рафинированному отбеленному пальмовому маслу во время или перед стадией дезодорации. Другой метод заключается в добавлении гидрокарбоната калия или бикарбонатов натрия в количестве от 1 до 5 ммоль/кг перед этапом дезодорации. Это позволяет предотвратить образование сложных эфиров 3-МСРД. Существуют также методы, предполагающие добавление К-стролита в количестве от 1 до 10 % или использование диацетина как конкурирующей молекулы для реакции с хлорсодержащими агентами. Лабораторные тесты показывают снижение уровней этих соединений на 30 % при использовании этанола или глицерина, 50 % при использовании диацетина и 66 % при использовании карбонатов.

Для промышленного использования рекомендуется комбинированный подход, включающий оптимизацию процессов экстракции масла для минимизации образования липофильных хлорорганических соединений, нейтрализацию масла перед этапом дезодорации для устранения снижения уровней рН, и применение химических методов очистки вместо физических. Возможно также применение натуральных отбеливающих средств и активированных кислотой отбеливающих агентов с более нейтральным значением рН в высоких концентрациях, а также предварительное добавление спиртов, диацетина, карбонатов или бикарбонатов перед дезодорацией.

**Выводы.** 1. В исследовании рассматриваются методы снижения содержания *3-MCPD* и глицидиловых эфиров в промышленных смазочных материалах, полученных из растительных масел.

- 2. Установлено, что формирование этих эфиров при дезодорации растительных масел существенно зависит от температурного режима.
- 3. Сокращение концентрации этих химических соединений в смазочных материалах, при этом сохраняя их качество, возможно через оптимизацию температурных параметров дезодорации. Это позволяет улучшить характеристики промышленных смазок, что важно как для производителей, так и для конечных потребителей.

## Список литературы

- 1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats // Arch. Toxicol. 2013. № 87 (9). Pp.1649–1659.
- 2. Владыкина Д. С., Ламоткин С. А., Колногоров К. П. и др. Разработка купажей растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом // Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2015.  $\mathbb{N}$  4. С. 240–245.
- 3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods // Compr. Rev. Food Sci. F. 2017. № 16 (2). Pp. 263–281.
- 4. Хотимченко С. А., Бессонов В. В., Багрянцева О. В., Гмошинский И. В. Безопасность пищевой продукции: новые проблемы и пути решений // Медицина труда и экология человека. 2015. № 4. С.7–14.
- 5. Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгуряну Т. Н., Гудков А. Б. Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.
- 6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation // Food Chem. 2012. № 132 (1). Pp. 73–79.
- 7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl

- esters of fatty acids in vegetable oils // Oil Chem. Soc. 2011. № 88 (9). Pp. 1275–1283.
- 8. *Thurer A., Granvogl M.* Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Science. 2014. Vol. 2. Pp. 91–120.
- 9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Formation mechanism // Food Chem. 2012. № 131 (4). Pp. 1391–1398.
- 10. *Sipos E. F., Szuhaj B. F.* Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds // Food Chem. 2016. Vol. 2. Pp. 497–602.
- 11. *Ermacora A., Hrncirik K.* Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters // Food Chem. 2014. Pp. 57–90.
- 12. Goh K. M., Wong Y. H., Ang M. Y. et al. Comparison assessment between SIM and MRM mode in the analysis of 3-MCPD ester, 2-MCPD ester and glycidyl ester // Food Res. Int. 2019. № 121. Pp. 553–560.
- 13. Макаренко М. А., Малинкин А. Д., Боков Д. О., Бессонов В. В. Монохлорпропандиолы, глицидол и их эфиры в детском питании // Вопросы детской диетологии. 2019. № 17 (1). С. 38–48.
- 14. Nawab J., Farooqi S., Xiaoping W. et al. Levels, dietary intake, and health risk of potentially toxic metals in vegetables, fruits, and cereal crops in Pakistan. Environ Sci Pollut Res Int. 2018. № 25 (6). Pp. 5558–5571.
- 15. Зайцева Н. В. Анализ рисков для здоровья населения Российской федерации, обусловленных загрязнением пищевых продуктов // Анализ риска здоровью. 2018. № 4. С. 13–23.
- 16. Скальная М. Г., Пракаш Н. Т., Айсувакова О. П и др. Влияние высокого уровня селена в почве на кумуляцию эссенциальных элементов в зерне и муке из пшеницы, риса и кукурузы // Микроэлементы в медицине. 2019. Т. 20. № 1. С. 59–65.

#### Reference

1. Appel K. E., Abraham K., Berge-Preiss E. et al. Relative oral bioavailability of glycidol from



- glycidyl fatty acid esters in rats. Arch. Toxicol., 2013, no. 87 (9), pp.1649–1659.
- 2. Vladykina D. S., Lamotkin S. A., Kolnogorov K. P. et al. Development of blends of vegetable oils with a balanced fatty acid composition. *Chemistry, technology of organic substances and biotechnology*, 2015, no. 4, pp. 240–245.
- 3. Cheng W. W., Liu G. Q., Wang L. Q., Liu Z. S. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, 2017, no. 16 (2), pp. 263–281.
- 4. Khotimchenko S. A., Bessonov V. V., Bagryantseva O. V., Gmoshinsky I. V. Food safety: new problems and solutions. *Occupational Medicine and Human Ecology*, 2015, no. 4, pp.7–14.
- 5. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Ungureanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food products and its impact on the health of the population of the Arkhangelsk region. *Human Ecology*, 2012, no. 12, pp. 3–9.
- 6. Craft B. D., Nagy K., Seefelder W. et al. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis) oil and related fractions. Practical recommendations for effective mitigation. *Food Chem.*, 2012, no. 132 (1), pp. 73–79.
- 7. Blumhorst M. R., Venkitasubramanian P., Collison M. W. Direct determination of glycidyl esters of fatty acids in vegetable oils. *Oil Chem. Soc.* 2011. no. 88 (9). pp. 1275–1283.
- 8. Thurer A., Granvogl M. Direct detection techniques for glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Science*, 2014, vol. 2, pp. 91–120.
- 9. Destaillats F., Craft B. D., Dubois M., Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (Elaeis guineensis)

- oil and related fractions. Formation mechanism, *Food Chem.*, 2012, no. 131 (4), pp. 1391–1398.
- 10. Sipos E. F., Szuhaj B. F. Edible oil Processing. Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products: Oils and oilseeds. *Food Chem.*, 2016, vol. 2, pp. 497–602.
- 11. Ermacora A., Hrncirik K. Indirect detection techniques for MCPD esters and glycidyl esters. Processing contaminants in edible oils MCPD and glycidyl esters. *Food Chem.*, 2014, pp. 57–90.
- 12. Goh K. M., Wong Y. H., Ang M. Y. et al. Comparison assessment between SIM and MRM mode in the analysis of 3-MCPD ester, 2-MCPD ester and glycidyl ester. *Food Res. Int.*, 2019, no. 121, pp. 553–560.
- 13. Makarenko M. A., Malinkin A. D., Bokov D. O., Bessonov V. V. Monochloropropanediols, glycidol and their esters in baby food. *Issues of pediatric dietology*, 2019, no. 17 (1), pp. 38–48.
- 14. Nawab J., Farooqi S., Xiaoping W. et al. Levels, dietary intake, and health risk of potentially toxic metals in vegetables, fruits, and cereal crops in Pakistan. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 2018, no. 25 (6), pp. 5558–5571.
- 15. Zaitseva N. V. Analysis of risks to the health of the population of the Russian Federation caused by food contamination. *Health risk analysis*, 2018, no. 4, pp. 13–23.
- 16. Skalnaya M. G., Prakash N. T., Aysuvakova O. P. et al. The effect of a high level of selenium in the soil on the accumulation of essential elements in grain and flour from wheat, rice and corn. *Trace elements in medicine*, 2019, vol. 20, no. 1, pp. 59–65.

#### Уважаемые подписчики!

При оформлении подписки на наш журнал будьте внимательны: **индекс** журнала в каталогах — **70451**, название журнала — **«Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.



## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 338:004.9

Н. Л. КРАСЮКОВА, д-р экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: nlkrasyukova@fa.ru

N. L. Krasyukova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

## Анализ применения инструментов стратегического управления цифровой трансформацией государственной промышленной политики

# Analysis of the use of strategic management tools for the digital transformation of state industrial policy

В статье предпринята попытка проанализировать документы стратегического планирования стратегии развития отраслей отечественной промышленности и госпрограммы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» на предмет включения в них приоритетов цифровой трансформации государственной промышленной политики. Выявлены достижения и недостатки в рассматриваемой области и восполнены пробелы по формированию четких представлений о применении инструментов стратегического управления цифровой трансформацией государственной промышленной политики.

The article attempts to analyze the documents of strategic planning of strategy for the development of domestic industries and the state program «Development of Industry and Increasing its Competitiveness» in order to include in them the priorities of the digital transformation of the state industrial policy. The objective of this study is to identify achievements and shortcomings in the area under consideration and fill the gaps in the formation of clear ideas about the use of strategic management tools for the digital transformation of state industrial policy.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация; стратегическое планирование; промышленная политика.

**Keywords:** digital transformation; strategic planning; industrial policy.

Согласно методологии Организации экономического сотрудничества и развития [1], цифровая трансформация представляет собой следующую стадию развития после оцифровки, подразумевающей перевод аналоговых данных и процессов в машиночитаемый

(цифровой) вид, и цифровизации, означающей использование цифровых технологий для повышения эффективности отдельных направлений или видов деятельности. В основе цифровой трансформации лежит экосистема взаимозависимых цифровых технологий,

ОМД

постоянное развитие которых стимулирует экономические и социальные изменения.

Многие исследователи настаивают на системном и комплексном подходах в реализации и развитии промышленной политики России на основе ее цифровой трансформации. Так А. А. Афанасьев, Е. М. Бухвальд, Г. Б. Клейнер, В. В. Акбердина, Н. В. Кузнецова, Г. И. Идрисов считают, что государственная промышленная политика в современных условиях представляет собой набор различных тесно связанных между собой политик, таких как налоговая, денежно-кредитная и других [2–7]. И в этой связи требуется систематизация научно обоснованных представлениях о способах управления промышленностью со стороны государства при ее развитии на основе цифровизации, обоснование практической деятельности органов власти и институтов по формированию и реализации оптимальной цели и определения задач, обоснование выбора отраслей и сегментов развития промышленности; выбор инструментов государственного управления и соответствующих мер.

Сам вектор государственной промышленной политики в РФ определенный как цифровая трансформация, побуждает к рассмотрению данной категории и тех категорий, который с ней тесно связаны.

Предметом государственного управления в области развития промышленности на основе цифровизации являются организационно-управленческие и экономические отношения, возникающие в процессе совершенствования деятельности по удовлетворению потребностей общества в области развития промышленной политики РФ, и оказания управленческого воздействия посредством инструментов госуправления для организации взаимодействия между ФОИВами, предприятиями и организациями, занимающимися поддержкой промышленности, институтами ее развития, а также органами власти субъектов РФ, органами местного самоуправления. На рис. 1 представлена система государственного управления цифровой трансформацией промышленной политики.

Рассмотрим, как различные инструменты государственного управления в области

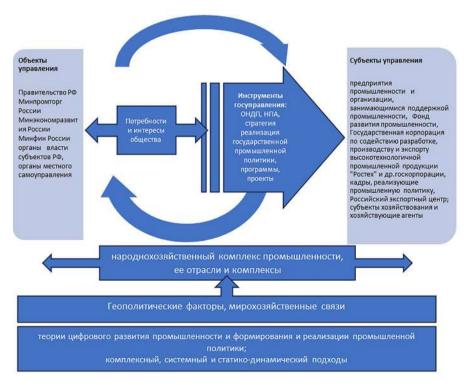


Рис. 1. Действующая система государственного управления цифровой трансформации промышленной политики

промышленности определяют перспективы ее цифровой трансформации.

В сентябре 2018 г. Правительством РФ утверждены Основные направления деятельности Правительства до 2024 г. [8]. Одна из генеральных линий этого документа заключается в выделении направлений развития промышленного производства на основе ускорения технологического развития, внедрения цифровых технологий в экономике, формирования высокопроизводительных экспортно-ориентированных секторов. Именно выделение этих направлений подчеркивает ведущую роль промышленности в условиях формирования нового технологического уклада.

Если подойти с точки зрения стратегических инициатив развития различных отраслей промышленности, то мы можем наблюдать множество документов [9–17]. Обобщение анализа отраслевых стратегий развития отраслей промышленности на предмет наличия приоритетов цифровизации представлено в таблице.

Следует обратить внимание, что указанные Стратегии достаточно четко определяют направленность действий государства — это обрабатывающая промышленность. Основной результат реализации каждой из рассматриваемой стратегий отражен в соответствующих показателях.

Сравнительный анализ показателей результативности реализации Стратегии и интегральных индикаторов Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности показывает, что результаты Стратегии являются более оптимистичными.

Среди показателей и индикаторов стратегий выявлен ряд одноименных показателей, в частности:

• доля организаций обрабатывающей промышленности, осуществляющих технологические инновации, процентов;

- внутренние затраты на развитие цифровой экономики, в процентах от валовой добавленной стоимости обрабатывающей промышленности;
- индекс производительности труда обрабатывающих производств, в процентах к предыдущему году;
- внутренние затраты на исследования и разработки в обрабатывающей промышленности, млрд рублей;
- объем экспорта промышленной продукции, млрд долл. США;
- соотношение инвестиций в основной капитал и валовой добавленной стоимости обрабатывающих производств, процентов;
- доля компаний, не испытывающих проблем с поиском квалифицированных работников, процентов.

Значения данных показателей, указанных в Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности на рубеже 2022–2030 гг., превышают значения аналогичных индикаторов Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности. Учитывая, что рассматриваемые стратегии разработаны примерно в одно время, ориентированы на отрасли обрабатывающей промышленности, находящиеся в сфере ведения Минпромторга России, обоснованность значений показателей вызывает вопросы.

В самом названии Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 г. и на период до 2030 г. уже указана цель вмешательства государства, а именно – достижение «цифровой зрелости».

Формализация цели «достижение «цифровой зрелости»» вызывает определенные трудности, что связано с отсутствием единого подхода к пониманию данного понятия. В частности, в Указе Президента РФ



Таблица 1 Обобщение анализа отраслевых стратегий развития отраслей промышленности на предмет наличия приоритетов цифровизации

приоритетов цифровизации					
№	Стратегия	Наличие приоритетов цифровизации			
1	Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года	Целью данной Стратегии является формирование высокопроизводительных секторов обрабатывающей промышленности, развивающихся на основе современня технологий.  Про цифровизацию отрасли в данной Стратегии указано что ее последствием является снижение динамики цикл производства продукта, а цифровые платформы сместят рентабельность в сферу продаж и на востребованные отраслевые рынки.			
2	Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года	В данной Стратегии указано что для внедрения сервисов каршеринга и развития мобильности ( <i>Mobility as a service</i> ) необходим высокий уровень цифровизации.			
3	Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года	Данный отраслевой документ стратегического планирования Российской Федерации в промышленности строительных материалов термин «цифровизация» не включает, в задачах речь об автоматизации процессов в отрасли и необходимости внедрения передовых технологий.			
4	Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года	Данный отраслевой стратегический документ не содержит данный термин в части приоритетов, но в разделе 4, посвященному вкладу станкоинструментальной отрасли в реализацию национальных целей, указано, что развитие отрасли будет способствовать применению цифровых технологий в промышленности.			
5	Стратегия развития фармацевтической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года	В данной стратегии речь идет о цифровизации только в рамках формирования систем и регистров вертикально интегрированных медицинских информационных систем, которые позволяют собирать и систематизировать статистические данные интересантам для оценки потребности в производстве лекарств и медицинских изделиях.			
6	Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года	Данная стратегия акцентирует внимание на росте спроса высокотехнологичного оборудования для отечественной промышленности с целью цифровизации производства.			
7	Стратегия развития черной металлургии России на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2030 года	Термин «цифровизация» в данном документе не применяется.			
8	Стратегия развития цветной металлургии России на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2030 года	Термин «цифровизация» в данном документе не применяется.			
9	Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности	Имеется определение цифровой трансформации промышленности, которое выделяется в качестве приоритета развития экономики, а также имеется анализ «цифровой зрелости»; определены 5 экосистемных проектов в рамках цифровой трансформации.			

«О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» от 21.07.2020 № 474 [17] обозначена цель — цифровая трансформация, ее достижение связано с достижением цифровой зрелости отраслями экономики и социальной сферы. В таком контексте «цифровая зрелость» представляет собой результат оценки проведенного анализа. Стратегия определяет «цифровую зрелость» промышленных предприятий как «их готовность встраивания в новый технологический уклад, использующий новейшие достижения цифровых технологий».

Указанное обстоятельство подчеркивается Т. А. Поляковой и А. В. Минбалеевым [18], которые проводят семантический и аксиологический анализы понятия «цифровая зрелость», а также рассматривают особенности употребления понятия с позиции права. С тезисом авторов о том, что использование термина «цифровая зрелость» — это иллюстрация феномена «опережающего использования в системе правового регулирования недостаточно определенного с позиции права понятия» трудно не согласиться.

Главной задачей Стратегии заявлена «модернизация управления производственными процессами, что должно привести к значительному повышению производительности труда». Сравнивая формулировки цели и главную задачу, следует отметить некоторую их несогласованность. Главная задача Стратегии направлена на повышение эффективности деятельности предприятия, обновление оборудования или информационных систем, т. е. главная задача представляется несколько шире, чем декларируемая цель.

В ходе описания достигнутого уровня технологического и социально-экономического развития в отраслях обрабатывающей промышленности авторы Стратегии включают в проблемное поле вопросы импорто-

замещения. Ничуть не отрицая значимость вопросов, связанных с технологическим суверенитетом, следует отметить, что достижение «цифровой зрелости» может быть обеспечено и в результате использования зарубежного (по происхождению) оборудования, ПО, технологий. С учетом сказанного, название Стратегии нуждается в определенной корректировке.

Рассматриваемая Стратегия – это одна из форм регулирования государством развития промышленности. Обоснование ее разработки и реализации представляется достаточно оправданным, поскольку с одной стороны она отражает реакцию органов государственной власти на сложившиеся условия осуществления промышленного развития государства, вызванные необходимостью противодействовать санкционному давлению и уходу с рынка отдельных компаний, с другой стороны, выступает инструментом решения типичных для рыночной экономики проблем, таких как «провалы рынка», формирование благоприятных условий среды, что будет способствовать изменению структуры экономики и ее росту.

Обоснование выбора предлагаемых для реализации мер государственной промышленной политики должно осуществляться особенно тщательно, поскольку прямое вмешательство может приводить к искажению стимулов; ошибки в выборе «чемпионов» – компаний, которые получат особую поддержку от государства, как правило, достаточно дорого обходятся национальной экономике. Однако, в условиях искусственного сдерживания, реализуемого посредством санкционного давления, последствия отсутствия государственной промышленной политики могут оказаться более серьезными, чем отдельные перекосы, допущенные при ее проведении.

Стратегии, представленные в таблице не объединены общими приоритетами в плане



цифровой трансформации, они в большинстве случаев исключают как составляющую цифровую трансформацию государственной промышленной политики, хотя и являются частями этой системы.

При проведении контектсного анализа содержания промышленной политики, реализуемой Минпромторгом России, следует обратить внимание на многообразие видов стратегий, ориентированных на экономический рост в зависимости от используемого фактора роста — труд, капитал или производительность, реализованных в разное время государствами Европы, Америки и Азии. Укрупненная классификация стратегий включает в себя [19—24]:

- стратегию экспортоориентированного роста, которая используется в Индии, Китае и странах экспортерах нефти Среднего Востока;
- стратегию импортозамещения (страны Латинской Америки в 1950–1960 гг.);
- стратегию стимулирования внутреннего спроса, используемую в США, странах Европы, странах Азии после кризиса 1998 г.;
- стратегию роста за счет инвестиций (Китай и США);
- стратегию роста, основанную на научно-технологическом и инновационном развитии (США, некоторые страны ЕС, Япония);
- стратегию роста, обусловленного ростом занятости (Индия и Китай).

В соответствии с данным подходом, Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности — это попытка одновременной реализации стратегии импортозамещения и стратегии роста, основанного на научно-технологическом и инновационном развитии.

Центральным решением заявленных Стратегией проблем выступает государственная информационная система промышленности (ГИСП). Начало развития ГИСП относится к 2014 г., а в настоящее время это один из инструментов реализации Федерального закона от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике Российской Федерации».

Что касается применения программного метода в цифровизации промышленности, проанализируем госпрограмму «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» [25].

В данном документе стратегического планирования о цифровизации упоминается в разделе I, посвященном оценке текущего состояния сферы реализации государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Речь в этом разделе идет о выполнении задачи по ускорению технологического развития Российской Федерации и внедрении цифровых технологий в экономике.

В разделе II, посвященном реализации приоритетов и целей промышленной политики, говорится о показателе «обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере», «достижение «цифровой зрелости». Также указано, что в период до 2030 г. политика будет ориентирована на достижение национальных целей развития в рамках цифровой трансформации ключевых отраслей экономики и социальной сферы и технологии «цифрового производства».

В разделе IV данного документа, в котором рассматриваются задачи госпрограммы в рамках достижения национальных целей и стратегических задач, одной из задач является полная автоматизация проектирования и инжиниринга в промышленности и развитие «цифрового производства», а также развитие «умных сред», включая «умные производства».

В этой связи обращает на себя внимание тот факт, что остаются острыми вопро-

ОМД

сы, оставшиеся за рамками исследуемой госпрограммы. Это вопросы взаимосвязи цифровой трансформации в области производительности труда, развития информационных технологий и рынка труда в промышленности.

Появление распределенных производств, применение «облачных» систем хранения данных и промышленного интернета вещей (HoT), наличие онтологических моделей, которые позволяют хранить и использовать даже слабо структурированные знания, фреймовое представление знаний, дающие возможность абстрактного хранения знания в виде значений, в сумме дающие, указанное знание о сущности, Цифровые двойники, распределенные реестры - все эти перспективные технологии оказывают существенное влияние на цифровую трансформацию промышленности, но в данном стратегическом документе не нашли отражение, как элементы системы цифровизации, оказывающие влияние на развитие промышленности РФ и повышение ее конкурентоспособности.

Упомянутая в госпрограмме экосистема представлена в достаточно плоском формате, не предусмотрен тип цифровой экосистемы, что снижает результативность госуправления цифровой трансформацией промышленностью. Цифровая экосистема базируется на сервисах для интеграции, едином центре координации и единой технологической платформе, которая служит для интеграции сервисов в цифровую экосистему. Но в задачах и показателях госпрограммы об этих «трех китах» цифровой экосистемы не говорится. Данные недостатки госпрограммы не позволяют выявить связь макро- и микроуровней управления цифровой трансформацией развития промышленности.

Имеется и проблема на мезоуровне, заключающаяся в высоком уровне цифрово-

го неравенства регионов, что не позволяет перевести предприятия реального сектора субъектов РФ в цифровой формат. Ясно, что регионы-аутсайдеры цифрового неравенства продемонстрируют низкую возможность цифровой транформации.

Основными причинами такого положения является низкий порог финансирования и недостаточное развитие информационной инфраструктуры в региональном разрезе, а также недостаточное корреспондирование принятых стратегий развития отраслей промышленности и не учет в них региональной компоненты. На рис. 2 показана дифференциация между регионом-лидером (Москвой) и регионом-аутсайдером (Республикой Дагестан) в области подушевого показателя применения цифровых технологий, которая составляет более 400.



Рис. 2. Затраты на внедрение и использование цифровых технологий на душу населения в региональном разрезе [26].

В настоящее время Правительством РФ последовательно и поэтапно решается задача по цифровой трансформации промышленности. И большая роль в этом принадлежит Минпромторгу России.

Во-первых, в рамках общего направления по расширению использования ИКТ в деятельности органов власти, предложенного Правительством РФ, Минпромторг России разработал ведомственную программу цифровой трансформации на 2022 г. и на плановый период 2023–2024 гг. Наличие стратегии, т. е. осознание сложившегося



положения и прогнозирование будущего, позволяет увидеть целостную картину изменений не только на уровне отдельного органа государственной власти, но и Правительства РФ в целом, а также координировать усилия и действия всех участников процесса трансформации.

Во-вторых, Минпромторг России принимает активное участие в создании, разработке и одновременно использует платформы государственной информационной системы, например, платформу ГИСП и др. Развитие платформ свидетельствует о накоплении критической массы «цифровых» изменений, использовании таких технологий, которые позволяют обеспечить новое качество взаимодействия органа власти и клиентов (получателей государственных услуг с позиции клиентоцентричного подхода к государственному управлению). По отдельным оценкам, Минпромторг России нацелен на создание экосистемы, маркетплейса для промышленного софта – платформы, которая позволит решить конкретную задачу по замещению для отечественных предприятий ИТ решений зарубежных производителей, ушедших с российского рынка [27-30].

В-третьих, Минпромторг России активно использует современные ИКТ, в том числе элементы облачных технологий, *Big Data* и ИИ, что позволяет считать достаточно высокой степень цифровизации деятельности Минпромторга при разработке и реализации промышленной политики.

Выводы. 1. Учитывая современный тренд цифровизации, а также позиционирование ГИСП как «одного окна» для промышленного предприятия, следует больше внимания уделить межведомственному взаимодействию, проработать возможность автоматического «подгруживания» уже имеющейся в государственных системах информации, например, коды ОКПО (Росстат),

Выписка из единого государственного реестра юридических лиц, Устав предприятия (Налоговая служба). Такая доработка ГИСП позволит действительно сократить время (в человеко-часах) на взаимодействие с платформой для представления информации и повысит ценность платформы для предприятия.

- 2. Важным направлением цифровой трансформации промышленности должна стать именно государственная промышленная политика. Действующие документы стратегического планирования выделяют, скорее, уровень федерального центра. В исследуемых документах не раскрывается региональная компонента государственной промышленной политики.
- 3. Цифровая трансформация государственной промышленной политики по своей сути неотделима от другой деятельности Минпромторга России и соотносится с проводимой в стране политикой цифровизации.
- 4. Следует отметить, что инфраструктура и современные технологии сами по себе не являются трансформирующими факторами, однако выступают базисом, без которого трансформация невозможна. Следовательно, продолжение цифровой трансформации, достижение цифровой зрелости можно считать релевантной целью деятельности Минпромторга России.

### Список литературы

- 1. *Going* Digital Project. URL: https://www.oecd.org/digital/goingdigital-project.
- 2. Афанасьев А. А. Промышленная политика России по достижению технологического суверенитета: теоретико-методологические основы и практические аспекты. М.: Первое экономическое издательство. 2023. 204 с.
- 3. *Бухвальд Е. М.* Основы государственной политики в сфере стратегического планирования: нерешенные проблемы // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2022. № 1. С. 32–49.

106

- 4. Клейнер Г. Б. Промышленные экосистемы: взгляд в будущее // Экономическое возрождение России. 2018. № 2 (56). С. 53-62.
- 5. Акбердина В. В., Пьянкова С. Г. Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности // Научные труды Вольного экономического общества России. 2021. Т. 227. № 1. C. 292–313.
- 6. Кузнецова Н. В., Клецель Н. В. Место технологических платформ в стратегии инновационно-технологического развития России // Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2019. Т. 21. № 1. С. 15–37.
- 7. Идрисов Г. И. Промышленная политика России в современных условиях. М.: Изд-во Ин-та Гайдара. 2016. 160 с.
- 8. «Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 года» (утв. Правительством РФ 29.09.2018 № 8028п-П13).
- 9. Распоряжение Правительства РФ от 06.06.2020 № 1512-р «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года».
- 10. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 № 4261-р «Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 года».
- 11. Распоряжение Правительства РФ от 10.05.2016 № 868-р (ред. от 23.11.2016) «О Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года».
- 12. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 № 4260-р «О Стратегии развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года».
- 13. Распоряжение Правительства РФ от 07.06.2023 № 1495-р «Об утверждении Стратегии развития фармацевтической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года».
- 14. Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 5 ноября 2020 г. № 2869-р.

- 15. Минпромторга Приказ России 05.05.2014 № 839 «Об утверждении Стратегии развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года и Стратегии развития цветной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года».
- 16. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года: утв. Минпромторгом России.
- 17. Указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» от 21.07.2020 № 474.
- 18. Полякова Т. А., Минбалеев А. В. Понятие и правовая природа «цифровой зрелости» // Государство и право. 2021. № 9. С. 107–116.
- 19. Borensztein E., De Gregorio J., Lee J. W. How does foreign direct investment affect economic growth? // Journal of International Economics. 1998. № 45 (1). Pp. 115–135.
- 20. Hirschman A. O. The political economy of import-substituting industrialization in Latin America // The Quarterly Journal of Economics. 1968. № 82 (1). Pp. 1–32.
- 21. Palley T. Domestic demand-led growth: a new paradigm for development // After Neo-LiberalismL Economic Policies That Work for the Poor. Washington DC: New rules for Global International Finance, 2002.
- 22. Melo J. D., Robinson S. Productivity and externalities: models of export-led growth // Journal of International Trade & Economic Development. 1992. № 1 (1). Pp. 41–68.
- 23. Bercovitz J., Feldman M. Entpreprenerial universities and technology transfer: A conceptual framework for understanding knowledgebased economic development // The Journal of Technology Transfer. 2006. № 31 (1). Pp. 175–188.
- 24. Sachs I. Inclusive development and decent work for all // International Labour Review. 2004. № 143(1–2). Pp. 161–184.
- 25. Госпрограмма «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», утвержденная Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 328 (ред. от 14.06.2023) «Об



- утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности».
- 26. Власюк Л. И. Цифровое неравенство российских регионов: стратегические возможности и угрозы // Экономика промышленности. 2023. № 16 (1). С. 59–68.
- 27. *Софт* в промышленных масштабах // Коммерсант. 10 авг. 2022. URL: https://www.kommersant.ru/doc/5503197.
- 28. Krasyukova N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Regimes for State Property Management. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 302–309.
- 29. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 311–318.
- 30. *Popadyuk N*. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions. Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 1 (31). Pp. 210–218.

#### References

- 1. *Going Digital Project*, available at: https://www.oecd.org/digital/goingdigital-project.
- 2. Afanasyev A. A. *Promyshlennaja politika Rossii po dostizheniju tehnologicheskogo suvereniteta: teoretiko-metodologicheskie osnovy i prakticheskie aspekty* [Industrial policy of Russia to achieve technological sovereignty: theoretical and methodological foundations and practical aspects]. Moscow, First economic publishing house, 2023, 204 p.
- 3. Bukhvald E. M. Fundamentals of state policy in the field of strategic planning: unresolved problems. *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, 2022, no. 1, pp. 32–49.
- 4. Kleiner G. B. Industrial ecosystems: a look into the future. *Economic revival of Russia*, 2018, no. 2 (56), pp. 53–62.
- 5. Akberdina V. V., Pyankova S. G. Methodological aspects of digital transformation of industry. *Scientific works of the Free Economic Society of Russia*, 2021, vol. 227, no. 1, pp. 292–313.

- 6. Kuznetsova N. V., Kletzel N. V. The place of technological platforms in the strategy of innovative and technological development of Russia. *Asia-Pacific region: economics, politics, law*, 2019, vol. 21, no. 1, pp. 15–37.
- 7. Idrisov G. I. *Promyshlennaja politika Rossii v sovremennyh uslovijah* [Industrial policy of Russia in modern conditions]. Moscow, Publishing house of the Gaidar Institute, 2016, 160 p.
- 8. «Osnovnye napravlenija dejatel'nosti Pravitel'stva Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda» [Main directions of activity of the Government of the Russian Federation for the period until 2024] (approved by the Government of the Russian Federation on September 29, 2018 no. 8028p-P13).
- 9. «Ob utverzhdenii Svodnoj strategii razvitija obrabatyvajushhej promyshlennosti Rossijskoj Federacii do 2024 goda i na period do 2035 goda» [On approval of the Consolidated Strategy for the Development of the Manufacturing Industry of the Russian Federation until 2024 and for the period until 2035]. Order of the Government of the Russian Federation dated 06.06.2020 no. 1512-r.
- 10. «Ob utverzhdenii Strategii razvitija avtomobil'noj promyshlennosti Rossijskoj Federacii do 2035 goda» [On approval of the Strategy for the Development of the Automotive Industry of the Russian Federation until 2035]. Order of the Government of the Russian Federation dated December 28, 2022 no. 4261-r.
- 11. «O Strategii razvitija promyshlennosti stroitel'nyh materialov na period do 2020 goda i dal'nejshuju perspektivu do 2030 goda» [On the Strategy for the development of the construction materials industry for the period until 2020 and further prospects until 2030]. Order of the Government of the Russian Federation dated May 10, 2016 no. 868-r (as amended on November 23, 2016).
- 12. «O Strategii razvitija metallurgicheskoj promyshlennosti Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda» [On the Strategy for the development of the metallurgical industry of the Russian Federation for the period until 2030]. Order of the Government of the Russian Federation dated December 28, 2022 no. 4260-r.

- 13. «Ob utverzhdenii Strategii razvitija farmacevticheskoj promyshlennosti Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda» [On approval of the Strategy for the development of the pharmaceutical industry of the Russian Federation for the period until 2030]. Order of the Government of the Russian Federation dated 06.07.2023 no. 1495-r.
- 14. «Strategija razvitija stankoinstrumental'noj promyshlennosti na period do 2035 goda» [Strategy for the development of the machine tool industry for the period until 2035], approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 05.11.2020 no. 2869-r.
- 15. «Ob utverzhdenii Strategii razvitija chernoj metallurgii Rossii na 2014–2020 gody i na perspektivu do 2030 goda i Strategii razvitija cvetnoj metallurgii Rossii na 2014–2020 gody i na perspektivu do 2030 goda» [On approval of the Development Strategy of the Russian Ferrous Metallurgy for 2014–2020 and for the period until 2030 and the Development Strategy for the Non-ferrous Metallurgy of Russia for 2014–2020 and for the period until 2030]. Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia dated 05.05.2014 no. 839.
- 16. «Strategija cifrovoj transformacii obrabatyvajushhih otraslej promyshlennosti v celjah dostizhenija ih «cifrovoj zrelosti» do 2024 goda i na period do 2030 goda» [Strategy for the digital transformation of manufacturing industries in order to achieve their «digital maturity» by 2024 and for the period until 2030], approved by Ministry of Industry and Trade of Russia.
- 17. «O nacional'nyh celjah razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda» [On the national development goals of the Russian Federation for the period until 2030]. Decree of the President of the Russian Federation dated 21.07.2020 no. 474.
- 18. Polyakova T. A., Minbaleev A. V. The concept and legal nature of «digital maturity». *State and Law*, 2021, no. 9, pp. 107–116.
- 19. Borensztein E., De Gregorio J., Lee J. W. How does foreign direct investment affect economic growth? *Journal of International Economics*, 1998, no. 45 (1), pp. 115–135.
- 20. Hirschman A. O. The political economy of import-substituting industrialization in Latin

- America. The Quarterly Journal of Economics, 1968, no. 82 (1), pp. 1–32.
- 21. Palley T. *Domestic demand-led growth:* a new paradigm for development. After Neo-Liberalism Economic Policies That Work for the Poor. Washington DC, New rules for Global International Finance, 2002.
- 22. Melo J. D., Robinson S. Productivity and externalities: models of export-led growth. *Journal of International Trade & Economic Development*, 1992, no. 1 (1), pp. 41–68.
- 23. Bercovitz J., Feldman M. Entpreprenerial universities and technology transfer: A conceptual framework for understanding knowledgebased economic development. *The Journal of Technology Transfer*, 2006, no. 31 (1), pp. 175–188.
- 24. Sachs I. Inclusive development and decent work for all. *International Labour Review*, 2004, no. 143 (1–2), pp. 161–184.
- 25. Gosprogramma «Razvitie promyshlennosti i povyshenie ee konkurentosposobnosti» [State program «Development of industry and increasing its competitiveness»] approved by Decree of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 no. 328 (as amended on June 14, 2023) «On approval of the state program of the Russian Federation «Development of industry and increasing its competitiveness».
- 26. Vlasyuk L. I. Digital inequality of Russian regions: strategic opportunities and threats. *Industrial Economics*, 2023, no. 16 (1), pp. 59–68.
- 27. Software on an industrial scale. *Kommersant*, Aug 10 2022, available at: https://www.kommersant.ru/doc/5503197.
- 28. Krasyukova N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Regimes for State Property Management. *Utopia y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 302–309.
- 29. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. *Utopia y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 311–318.
- 30. Popadyuk N. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2018, vol. 1 (31), pp. 210–218.

## ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ

УДК 338.28

М. А. ДАНИЛЬКЕВИЧ, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: MADanilkevich@fa.ru

M. A. Danilkevich (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

## **Цифровизация городского управления:** роль промышленного производства

# Digitalization of local administration: the role of industrial production

Современные информационные технологии применяются во всех областях государственного и муниципального управления. Мегаполисы требуют инновационных подходов для решения сложных задач, связанных с развитием строительства, управления транспортными потоками, эффективным использованием ресурсов в целом. Концепция умного города помогает находить решения данных вопросов с использованием новых технологий и концепций управления. Для решения этих задач необходимы различные устройства, применяемые в построении данных систем. В статье рассматриваются основные направления развития информационных технологий, используемых в городском управлении, а также вопросы, связанные с развитием производства устройств, необходимых для реализации концепции умного города.

Modern information technologies are used in all areas of state and municipal government. Megacities require innovative approaches to solve complex problems related to the development of construction, traffic management, and the efficient use of resources in general. Smart city concepts help to find data solutions using new technologies and management concepts. This article discusses the main directions of development of information technologies used in urban management, as well as issues related to the development of the production of devices necessary to implement the concept of a smart city.

**Ключевые слова**: цифровизация государственного управления; цифровое правительство; большие данные; Интернет вещей; управление данными.

**Keywords:** digitalization of public administration; digital government; big data; Internet of Things; data management.

Информационные технологии внедряются во все сферы жизни общества. В настоящий момент широко известно об их

внедрении в государственном управлении на уровне отдельного государства. Данный процесс получает название концепции

электронного правительства. Подобные технологии также внедряются на более низких уровнях, например, в городском управлении. Концепция умных городов является примером реализации данных технологий и одним из перспективных направлений развития современных мегаполисов и городов меньшего размера. Для реализации данной концепции кроме уже существующих элементов инфраструктуры и технологий нужны новые специализированные устройства: камеры видеонаблюдения, различные датчики, счетчики учета расхода ресурсов, компоненты инфраструктуры передачи данных. Наличие данных компонентов является одной из важнейших задач при построении современных городских систем. Этот вопрос, в свою очередь связан с задачами создания и расширения производственной базы данных компонентов внутри страны, для обеспечения национальной безопасности государства и доступности этих устройств.

Нужно отметить, что есть определенный разрыв между внедрением информационных технологий на общегосударственном уровне и на уровне городов. Анализ данных процессов проводится также пока недостаточно глубоко. Если рассматривать исследования данного вопроса, то можно привести наглядный пример. Так исследование цифровизации государственного управления, проводимое Организацией Объединенных Наций (ООН) раз в 2 года, существует уже более 20 лет (англ. *E-government* Development Index, далее EGDI), а подобное исследование ООН в отношении городского управления начато сравнительно недавно в 2018 г. (англ. Local Online Service Index, далее LOSI).

Среди современных отечественных исследователей вопросы развития инновационной городской среды и управления рассматриваются В. Глазычевым, Г. О. Перо-

вым, С. Г. Камоловым [1]. Среди зарубежных исследований особый интерес представляют исследования о городах в эпоху урбанизации, информатизации и глобализации таких исследователей как М. Кастельс, М. Шепард, И. Капдевила, Г. Перболи [2]. Тем не менее, в данном вопросе остается много аспектов для исследования и внедрения в практику управления. Например, многие авторы указывают, что одно из ключевых понятий подобных исследований, понятие «умный город» не сформировано окончательно, а требует дополнительного уточнения [1].

Начнем с того, что рассмотрим подробнее, что представляет собой исследование ООН, посвященное вопросам цифровизации государственного и городского управления – «Исследование ООН: Электронное правительство», на основе которого рассчитывается ранее упомянутый индекс LOSI [3]. В данном исследовании наряду с рассмотрением проблем цифровизации на уровне государства в целом, рассматриваются те же вопросы применительно к уровню городов, чему посвящается данная статья. На данный момент в исследовании рассматривается только один крупнейший город каждой страны, принявшей участие в исследовании, который часто является столицей. Для РФ таким городом является Москва [4].

Нужно отметить, что оценка эффективности предоставления онлайн-сервисов на уровне городского управления отличается от общего исследования электронного правительства *EGDI* на национальном уровне. Основное отличие данного исследования заключается в том, что оно охватывает только предоставление онлайн-сервисов, но не учитывает такие показатели как уровень человеческого капитала и развития телекоммуникационных технологий. Иначе говоря, индекс электронного правитель-

ства, которое является основным результатом исследования ООН «Электронное правительство», включает три компонента: качество предоставления онлайн услуг, человеческий капитал и телекоммуникационные технологии, а исследование на уровне городов включают только оценку качества предоставления онлайн услуг, таких как институциональная структура предоставления услуг, предоставление контента, непосредственно предоставление услуг, участие и вовлеченность граждан (жителей города), а также технологии [3]. В этом есть определенный смысл, поскольку при анализе цифровизации систем управления в конкретной стране предполагается меньше отличий по уровню развития человеческого капитала между отдельными городами, тем не менее различия возможны. В отношении телекоммуникационных технологий данные отличия от общенационального уровня могут быть еще более значительными, поскольку большинство крупных мегаполисов обладают развитой инфраструктурой, в то время как на национальном уровне может наблюдаться значительное отставание инфраструктурной базы.

По всей видимости, в ООН понимают сложности и ограничения текущего исследования в области электронного правительства на уровне городов и пытаются расширить его дополнительными инструментами. Так, в 2022 г. основное исследование дополнено анкетой местного самоуправления (англ. Local Government Questionnaire или LGQ). Этот инструмент призван расширить информацию о цифровизации государственного управления путем самооценки городов на основе подготовленных вопросов, которые заданы в рамках данной анкеты. К 2022 г. в ответ на отправленный запрос от ООН приходят заполненные данные от 42 городов, включая Москву, а остальные участники исследования (всего в исследовании

цифровизации городского управления рассмотрено 193 города) не находят возможности предоставить заполненные анкеты. Преимуществом данного метода является простота проведения дополнительного опроса, но, с другой стороны, данные опроса не всегда могут быть объективными.

Результаты исследования LGQ на данный момент описывают лучшие практики внедрения информационных технологий в городское управление, дополняя в этом исследования в рамках LOSI. В результате основное исследование ООН дополняется примерами для каждого компонента *LOSI*, кроме того, появились наглядные примеры по борьбе COVID-19 и внедрению технологий «Умный город», что значительно расширяет область исследования. В рамках данного исследования отмечено, что основными направлениями развития умных городов являются: мониторинг и управление транспортом, градостроительство, здравоохранение, развитие цифровой инфраструктуры, защита окружающей среды, охрана правопорядка, вовлечение населения в управление городом и некоторые др. [5]. В отношении города Москвы исследование *LGQ* позволяет включить в отчет информацию о создании в городе специального правового режима для использования технологий искусственного интеллекта.

Несмотря на создания данного опроса, в целом у исследования легко заметить значительный недостаток. В рамках данного исследования умных городов нет возможности провести сравнение уровня городов по развитию отмеченных выше направлений, применяемого в остальном исследовании ООН. Нет показателей сравнения и их значений, вместо этого даются только примеры лучших практик. Наличие интересного примера внедрения технологии умного города не означает, что в других городах нет аналогичных технологий, которые мо-

КШП ОМД

гут применяться более успешно. Ограничение в исследовании 42 городами усугубляет неполноту данного анализа.

Важно отметить, что кроме рассмотренного исследования, проводимого ООН и имеющего ряд ограничений, существуют и другие исследования отдельных аспектов развития технологий умных городов. Примером может служить исследование *McKinsey & Company* «Транспортные системы 25 городов мира: Составляющие успеха», посвященное развитию транспортных систем современных мегаполисов [5], где Москва занимает 9 место в 2021 г.

Далее рассмотрим аналогичный рейтинг цифровизации городского управления, созданный в РФ для оценки уровня цифровизации отдельных городов: «Интегральный индекс IQ города», разработанный Минстроем России. В России в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» намечен ряд шагов по инновационному развитию различных областей экономики, государственного управления и социальной сферы [6]. Данный индекс помогает оценить ход реализации данной программы на местном уровне, что крайне важно для программы в целом. В рамках данного рейтинга сравнение городов проходит по 47 показателям, разделенным на 10 направлений: городское управление, умное ЖКХ, инновации для городской среды, умный городской транспорт, интеллектуальные системы общественной и экологической безопасности, туризм и сервис, интеллектуальные системы социальных услуг, экономическое состояние и инвестиционный климат, а также инфраструктура сетей связи [7]. Кроме того, внутри рейтинга города делятся на четыре группы: крупнейшие города с населением более 1 млн чел., крупные города с населением более 250 тыс. чел., средние города с населением более 100 тыс. чел. и административные центры.

По итогам 2021 г. первое место в данном рейтинге занимает Москва со 117 баллами из 120. Тем не менее, другие города РФ также имеют близкие значения (см. рис. 1).

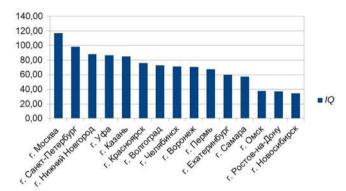


Рис. 1. ІО крупных городов России по итогам 2021 г.

Важно отметить, что не всегда уровень цифровизации связан с размером города. Так, Тюмень с рейтингом 100,75 и с населением около 800 тыс. чел. опережает по цифровизации все крупнейшие города России кроме Москвы [8]. Еще более наглядным примером является Ханты-Мансийск с рейтингом 91,85 с населением около 100 тыс. чел.

Отчасти данные особенности связаны с несовершенством самого рейтинга. Исследователи данного вопроса отмечают, что рассмотренный рейтинг ІО городов тесно связан с инфраструктурными объектами, но не полностью отражает социальное значение современных городских технологий для граждан [9–12]. Если рассматривать 10 направлений показателей, формирующих индекс, то 7 из них относятся к инфраструктуре – это умные светофоры, радио счетчики в многоквартирных жилых домах, системы видеофиксации, а также городские информационные системы, обрабатывающие данные, передаваемыми данными устройствами. Только такие направления как интеллектуальные системы социальных услуг, городское управление, экономическое состояние и инвестиционный климат включают показатели, не связанные с инфраструктурой, а с получением услуг населением.

На практике, согласно исследованию данного вопроса, основное значение для жителей города имеет возможность получать услуги, комфортно использовать городской и личный транспорт [9]. Инфраструктурные вопросы развития умных городов являются базой для создания комфортной среды для жителей города, но сами по себе они не могут обеспечить возможности повышения уровня жизни для населения без создания доступных для граждан сервисов. По этой причине, как было отмечено ранее в статье, при разработке рейтинга ООН EGDI выделены компоненты: инфраструктура, услуги и человеческий капитал. В России при анализе цифровизации городов аналогичный комплексный подход пока не применяется.

Вернемся к рейтингу ООН и рассмотрим, как в нем представлена Москва (см. рис. 2). График иллюстрирует высокую позицию города Москвы в части цифровизации государственного управления, в чем столица России опережает общегосударственные показатели. В этом есть определенная уникальность, так как большинство стран по уровню цифровизации городского управления отстают от общенациональных показателей [3].

Несмотря на общие успехи, цифровизация в городе Москве сталкивается с опре-

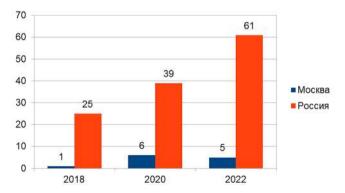


Рис. 2. Место Российской Федерации и города Москвы в рейтингах предоставления государственных услуг ООН (*OSI* и *LOSI*)

деленными проблемами. Так на графике видно, что Москва утрачивает первое место в мире по уровню цифровизации в 2020 г. и не может вернуть его. Это не является значительной проблемой и не является признаком снижения данного показателя в абсолютном значении. Данный факт иллюстрирует стремление большинства мегаполисов мира внедрить цифровые технологии в городское управление, и в последние годы многим городам удается выйти в лидеры. Группа городов-лидеров весьма велика и очень плотна, что иллюстрирует нахождение на 5 месте в рейтинге LOSI 2022 г. вместе с Москвой еще трех городов: Дубая, Нью-Йорка и Парижа.

На современном этапе развития информационных технологий, используемых в городском управлении, возникают и развиваются множество технологий, позволяющих усовершенствовать отдельные аспекты городской среды. Этими технологиями пользуются при создании специализированных информационных систем, умных устройств, а также при предоставлении городских услуг (государственных или муниципальных). Вместе с тем, такое разнообразие технологий затрудняет анализ прогресса отдельных городов в области проведения информатизации и развития концепции умных городов.

В таблице показаны некоторые примеры развития концепции устройств, уже установленных в городе Москве, которые формируют систему умного города.

Из таблицы видно, что количество видов данных устройств весьма значительно, также для эффективной работы городских систем необходимо высокая плотность установки подобных устройств. Отдельно важно упомянуть, что данные устройства должны обладать высокой надежностью и быть интегрированы в городские информационные системы. На настоящий момент

производство данных систем ведется российскими компаниями, тем не менее есть значительные резервы роста производства, т. к. цифровизация большинства городов пока недостаточна.

Таблица Количество компонентов умного города, введенных в эксплуатацию в городе Москве на начало 2023 г.

Компоненты систем умного города	Количество
камеры дворового	20800
видеонаблюдения	
камеры подъездного	105000
видеонаблюдения	
камеры видеоаналитики дорожного	1300
движения	
камеры фиксации нарушений	1000
дорожного движения	
паркоматы	700

Другим примером умных устройств, не приведенных в таблице, являются умные счетчики ресурсов. Начиная с 2022 г., в России при замене или установке во вновь построенном многоэтажном доме устанавливаются только данный тип счетчиков [13]. Потребность в счетчиках соизмерима с количеством квартир в России, т. е. миллионы единиц. Так, в 2022—2023 гг. подлежат установке более 8,5 млн счетчиков. Тем не менее пока наблюдается дефицит данных приборов учета. Одной из задач для российской промышленности является обеспечение выпуска данных устройств.

Одной из важных задач в данной области является дальнейшая доработка методологии анализа развития умных городов и предоставления городских услуг в электронной форме. Проведенный анализ исследований ООН, исследование *McKinsey & Company* и российского интегрального индекса *IQ* города показывает, что единого подхода пока не существует. Вместе с тем отсутствие системного подхода в данной области может быть серьезной проблемой. Развитие современных мегаполисов невозможно без

применения новых технологий и анализа лучших практик. Необходимо определять перспективы производства устройств для инфраструктуры умных городов. Рейтинги цифровизации городского управления влияют на распределение бюджетных средств между развивающимися городами, а неточности оценки могут создавать неправильные стимулы для дальнейшего их развития. Решением данного вопроса должно и может стать расширение программы ООН по исследованию цифровизации городов и на создание на национальном уровне аналогичных исследований.

## Список литературы

- 1. *Камолов С. Г.* О гносеологической сущности «умных городов» // Инновации и инвестиции. 2019. № 1. С. 200–204.
- 2. Перболи  $\Gamma$ ., де Марко A., Перфетти  $\Phi$ ., Мароне M. Новая таксономия проектов «умного города» // Transportation Research Procedia. 2014. Т. 3. С. 470–478
- 3. *Исследование* ООН: Электронное правительство 2022. URL: https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2022.
- 4. *Официальный* сайт Мэра Москвы, URL: https://mos.ru
- 5. Транспортные системы 25 городов мира: Составляющие успеха (исследование 2021 год) // McKinsey&Company, URL: https://www.mckinsey.com/ru/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia/our%20insights/building%20an%20efficient%20transportation%20system%20five%20takeaways%20from%20a%20mckinsey%20study%20covering%2025%20cities%20around%20the%20world/transport-systems-of-25-cities-of-the-world-ru.pdf.
- 6. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7.
- 7. *Приказ* Минстроя России от 31.12.2019 № 924/пр «Об утверждении методики оценки



- хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства в Российской Федерации (IQ городов)».
- 8. *Результаты* оценки хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства Российской Федерации (IQ городов) по итогам 2021 года // Умный город. ULR: https://russiasmartcity.ru/documents.
- 9. Дроздова Ю. А. Реализация концепции «Умный город» в оценках населения (на примере Волгограда) // Научный результат. Социология и управление. 2023. Т. 9. № 1. С. 59–70.
- 10. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 311–318.
- 11. Prokofiev S., Krasyukova N., Bogatyrev E. et al. Legal Aspects of the Functioning of the State Civil Service. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 319–325.
- 12. *Popadyuk N.* et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 1 (31). Pp. 210–218.
- 13. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации» от 27.12.2018 № 522-Ф3.

#### References

- 1. Kamolov S. G. On the epistemological essence of «smart cities». *Innovations and investments*, 2019, no. 1, pp. 200–204.
- 2. Perboli G., De Marco A., Perfetti F., Marone M. A New Taxonomy of Smart City Projects. *Transportation Research Procedia*, Vol. 3, 2014, pp. 470–478.
- 3. *UN Survey: E-Government 2022*, available at: https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2022.
- 4. Official website of the Mayor of Moscow, available at: https://mos.ru.
- 5. Transport systems of 25 cities of the world: Ingredients of success (study 2021). *McKinsey & Company*, available at: https://www.mckinsey.com/ru/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/russia /our%20insights/building%20an%20efficient%20transportation%20system%20five%20

- takeaways%20from%20a%20mckinsey%20 study%20covering%2025%20cities%20 around%20the%20world/transport-systems-of-25-cities-of-the-world-ru.pdf.
- 6. Nacional'naja programma «Cifrovaja jekonomika Rossijskoj Federacii» [National Program «Digital Economy of the Russian Federation»], protocol of the meeting of the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects dated June 4, 2019, no. 7.
- 7. Ob utverzhdenii metodiki ocenki hoda i jeffektivnosti cifrovoj transformacii gorodskogo hozjajstva v Rossijskoj Federacii (IQ gorodov) [On approval of the methodology for assessing the progress and effectiveness of the digital transformation of the urban economy in the Russian Federation (IQ cities)]. Order of the Ministry of Construction of Russia dated December 31, 2019, no. 924/pr.
- 8. Results of assessing the progress and effectiveness of the digital transformation of the urban economy of the Russian Federation (IQ cities) based on the results of 2021. Smart city ULR: https://russiasmartcity.ru/documents.
- 9. Drozdova Yu. A. Implementation of the concept of «Smart City» in the assessments of the population (on the example of Volgograd). *Scientific result. Sociology and management*, vol. 9, no. 1, 2023, pp. 59–70.
- 10. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. *Utopia y Praxis Latinoamericana*, no. 82, pp. 311–318.
- 11. Prokofiev S., Krasyukova N., Bogatyrev E. et al. Legal Aspects of the Functioning of the State Civil Service. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, no. 82, pp. 319–325.
- 12. Popadyuk N. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2018, vol. 1 (31), pp. 210–218.
- 13. O vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii v svjazi s razvitiem sistem ucheta jelektricheskoj jenergii (moshhnosti) v Rossijskoj Federacii [On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation in Connection with the Development of Electricity (Power) Accounting Systems in the Russian Federation]. Federal Law no. 522-FZ, December 27, 2018.



УДК 330.354

А.М.БЕЛЯЕВ, д-р соц. наук (Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва)

E-mail: ABelyaev@fa.ru

A. M. Belyaev (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

# О плюсах и минусах развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации

# On the pluses and minuses of the development of the manufacturing industry of the Russian federation

Проанализированы особенности восстановительного подъема обрабатывающей промышленности в первом полугодии 2023 г. На основе данных Росстата по основным видам отраслей представлены индексы производства. Показана позитивная роль государства как инвестора, покупателя и производителя товаров и услуг, а также мер государственной поддержки роста покупательского спроса населения. Выявлены проблемы развития обрабатывающей промышленности, включая дефицит инвестиционных поступлений, нехватку кадров, возможное нарушение баланса оптимального соотношения заработной платы и производительности труда. Раскрыты подходы к решению имеющихся проблем, сформулированные в новых стратегических документах развития обрабатывающей промышленности.

The features of the recovery recovery of the manufacturing industry in the first half of 2023 are analyzed. Based on Rosstat data, production indices are presented for the main types of industries. The positive role of the state as an investor, buyer and producer of goods and services is shown, as well as measures of state support for the growth of consumer demand of the population. Problems in the development of the manufacturing industry have been identified, including a shortage of investment income, a shortage of personnel, and a possible imbalance in the optimal ratio of wages and labor productivity. Approaches to solving existing problems formulated in new strategic documents for the development of the manufacturing industry are revealed.

**Ключевые слова:** инвестиции; индекс производства; кадровый дефицит; обрабатывающая промышленность; производительность труда; экономический рост.

**Keywords:** investments; production index; personnel shortage; manufacturing industry; labor productivity; economic growth.

На сегодняшний день одной из ключевых задач суверенного развития страны является переход к активной промышленной политике, направленной на создание нового технологического базиса экономики. Ее

решение позволит повысить уровень технологической и экономической безопасности страны, а также обеспечить достаточный уровень устойчивости российской эконо-

мики, создающей в свою очередь базу для решения социальных проблем.

Жизненно важной частью российской экономики, вносящей значительный вклад в ВВП страны и уровень занятости, является обрабатывающая промышленность. За первые шесть месяцев текущего года ее индекс производства вырос более чем на 6 %. Премьер-министр М. В. Мишустин считает, что по итогам года даже те обрабатывающие производства, в которых происходит наибольший спад, достигнут позитивных показателей роста (автотранспортные средства -2 %, сегмент машин и оборудования -3.5 %, производство лекарственных средств и препаратов -8 %) [1].

Устойчивой и стабильной оценивает ситуацию в обрабатывающей промышленности страны президент России В. В. Путин: «занятость сохраняется на уровне 2021 года и составляет порядка 10 млн человек или 14 % всех занятых в экономике, рост зарплат в мае текущего года превысил уровень прошлого года более чем на 20 %. Рост зарплат и высокая занятость свидетельствуют о том, что российская промышленность набирает обороты» [2].

Об уверенном восстановительном подъеме промышленности России пишут ученые Центра развития Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» в новом выпуске доклада «Индексы интенсивности промышленного производства». При этом утверждается, что подъем промышленного производства, фиксируемый в последние месяцы, достигнут целиком за счет динамики восстановления обрабатывающих производств, преодолевших прежний спад. В числе факторов, способствующих их позитивной динамике, отмечаются открывшиеся возможности заполнения освобождающихся ниш в российской экономике продукцией отечественных производителей, благоприятное изменение предпочтений и вкусов потребителей в отношении производимых продуктов, а также специальные меры поддержки отраслей экономики и групп населения, оказавшихся в зоне риска. Следует также принять во внимание влияние специальной военной операции на Украине на появление дополнительного спроса на продукцию ряда отраслей [3].

Анализ данных Росстата, раскрывающих величину и динамику индексов производства по видам обрабатывающей промышленности, позволяет составить достаточно полное представление о процессе их восстановления, а также выделить отрасли, наиболее успешно развивающиеся в текущем полугодии. Так, например, сюда входит производство компьютеров, кожи и изделий из кожи, обработка древесины и производство изделий из дерева и др. (см. таблицу) [4].

Более осторожные оценки процессу восстановления промышленности дает А. Ю. Свириденко, исполнительный директор Института экономики роста им. П. А. Столыпина [5]. Во-первых, эксперт отмечает разнонаправленность развития отраслей промышленности, наличие наряду с успешными отраслями отраслей, которые пока не восстановились (производство легковых машин, деревообработка, фармацевтика и др.). Сохранение проблемных отраслей и при восстановительной динамике в целом не позволяет считать завершенным процесс адаптации российской экономики к новым условиям хозяйствования.

Во-вторых, особый акцент сделан на утверждении авторов доклада «Индексы интенсивности промышленного производства» о том, что наблюдаемый «фронтальный подъем» в обрабатывающих производствах случается редко и что он характерен только для краткого периода интенсивного посткризисного восстановления. Принятые



Таблица

## Индексы производства по основным видам обрабатывающих производств\*

	· · · •			
	Июнь 2023 г. в % к		I полугодие 2023 г. в % к	
	июню 2022 г.	маю 2023 г.	I полугодию 2022 г.	
Обраба	тывающие произн	водства		
производство пищевых продуктов	105,4	99,6	105,3	
производство напитков	99,0	102,5	102,0	
производство табачных изделий	126,3	91,2	103,7	
производство текстильных изделий	101,1	94,6	99,1	
производство одежды	109,2	105,2	105,9	
производство кожи и изделий из кожи	117,6	105,6	111,7	
обработка древесины и производство из-				
делий из дерева и пробки, кроме мебели,	104.4	109,1	90,2	
производство изделий из соломки и мате-	104,4			
риалов для плетения				
производство бумаги и бумажных изделий	99,5	96,3	97,5	
деятельность полиграфическая и копирова-	91,3	100,3	93,6	
ние носителей информации	91,5	100,5	93,0	
производство кокса и нефтепродуктов	103,1	99,9	105,4	
производство химических веществ и хими-	109,3	97,0	102,1	
ческих продуктов	109,3	97,0	102,1	
производство лекарственных средств и				
материалов, применяемых в медицинских	106,1	106,5	92,7	
целях				
производство резиновых и пластмассовых изделий	115,7	104,2	106,1	
производство прочей неметаллической минеральной продукции	104,3	108,4	100,1	
производство металлургическое	108,6	100,6	104,9	
производство готовых металлических изде-	100,0	100,0	104,9	
лий, кроме машин и оборудования	145,8	114,8	129,7	
производство компьютеров, электронных и оптических изделий	171,6	125,2	130,4	
производство электрического оборудования	132,1	109,1	122,0	
производство электри ческого осорудования производство машин и оборудования, не				
включенных в другие группировки	115,1	117,3	94,7	
производство автотранспортных средств,	151,7	104,4	89,3	
прицепов и полуприцепов	131,/	107,7	07,5	
производство прочих транспортных средств и оборудования	126,1	127,8	122,1	
производство мебели	134,3	112,0	114,5	
производство прочих готовых изделий	112,5	115,1	100,1	
og - 120 mp o min 1010bbin 110gemin	,-	,-	-00,1	

<sup>\*</sup> Показатели рассчитаны на основе данных о динамике производства важнейших товаров-представителей в физическом измерении, оцененных в ценах базисного 2018 г.. В качестве весов используется структура валовой добавленной стоимости по видам экономической деятельности 2018 базисного года.

государством эффективные регулятивные меры, его активизация в роли инвестора, производителя услуг и товаров, а также покупателя стимулировали наблюдаемый подъем. Дальнейший поступательный рост обрабатывающих производств в сложившихся условиях невозможен без поддержки государства или за счет уменьшения размера зарплат граждан и сокращения их покупательского спроса. Однако уже в 2022 г. инвестиции в обрабатывающую промышленность падают на 6,3 %, что порождает сомнения в сохранении позитивной динамики подъема в ближайшей перспективе. «Так что надо дождаться роста инвестиций в обрабатывающий сектор, чтобы пришла и уверенная фронтальная динамика подъема. Как правильно заметили авторы исследования, такая ситуация случается очень редко – они имеют в виду, что на фоне сохранения доходов населения есть спрос, под спрос восстанавливается российское предложение. Но этот импульс ограничен с двух сторон: без роста производительности и инвестиций в обработку не будут расти и доходы (спрос), и объемы предложения, и на этой восстановительной точке все и остановится», – считает А. Ю. Свириденко [5].

Принятое недавно решение Центрального банка о повышении ключевой ставки до 12 % может стать еще одним фактором замедления экономического роста. Рост ставок по депозитам до 10–12 % годовых, пишут исследователи Института народнохозяйственного прогнозирования (ИНП) РАН на основе полученных результатов исследования за июль-август 2023 г., усиливает мотивацию граждан к сбережению и ограничению потребительского кредитования, особенно в части приобретения товаров длительного пользования [6].

Прогнозы подобного рода не должны оставаться без внимания правительства и регионов страны, поскольку от инвести-

ционной активности зависит успешная реализация многих программ и планов. Так, например, в августе текущего года поступает информация правительства о разработке обновленной стратегии развития обрабатывающей промышленности РФ. В документе в качестве ключевой цели заявлено о планируемом увеличении к 2035 г. индекса обрабатывающих производств по сравнению с 2019 г. на 55 %. В основу достижения указанной цели положена задача запуска в отраслях промышленности нового инвестиционного цикла и создание благоприятных условий для притока капитала, которые в своей совокупности обеспечат старт новых проектов и снизят накопленный износ основных фондов. О необходимости удвоения к 2030 г. годового объема инвестиций в обрабатывающую промышленность ведет речь и Д. В. Мантуров [1].

Другим приоритетом в обновленной стратегии развития обрабатывающей промышленности заявлено повышение ее инновационного потенциала. В этих целях планируется увеличение числа предприятий, реализующих технологические инновации, с 28 до 40 %. Кроме того, положения обновленной стратегии предусматривают меры по развитию автоматизации и роботизации обрабатывающей промышленности, цифровизации производственных процессов, внедрению принципов бережливого производства. Предполагается, что реализация вышеперечисленных направлений развития обрабатывающих производств позволит не менее чем на 50 % повысить производительность труда и существенно компенсировать нехватку кадров в реальном секторе экономики.

Сегодня в обрабатывающей промышленности дефицит кадров является одной из самых острых проблем. Результаты исследования ИНА РАН показывают, что в июне 2023 г. на 100 вакантных мест отзывается

всего 30 не занятых трудовой деятельностью человек [7]. По оценке Минтруда России, в обрабатывающей промышленности нехватка кадров составляет сейчас 660 тысяч человек. «Кадровые ресурсы на самом деле в большой степени исчерпаны, причем они исчерпаны и локально, и стратегически», — отмечает первый заместитель министра промышленности и торговли РФ В. С. Осьмаков в своем выступлении в ходе выставки «Иннопром-2023» [8].

Кадровая ситуация в промышленности и в предыдущие годы была непростой, но прежде она не носила такого острого характера, как в наши дни. Острота проблемы заключается в том, что дефицит кадров сегодня идентифицируется в качестве фактора, сдерживающего экономическое развитие страны.

На заседании Совета Торгово-промышленной палаты (ТПП) РФ в феврале 2022 г., посвященном поиску решения кадровых проблем, состоялось обсуждение вопросов взаимодействия предприятий, образовательных и научных организаций, а также рассмотрены варианты повышения привлекательности работы в промышленности для населения, создания условий, при которых она станет престижной, выгодной и инновационной. Участникам заседания были представлены результаты социологического опроса руководителей промышленных предприятий, которые свидетельствуют о том, что:

- в последние два года у 100 % предприятий наблюдается нужда в кадрах;
- о вакансии рабочих должностей (сварщики, слесари, фрезеровщики, операторы ЧПУ) заявляют 90,5 % предприятий;
- дефицит инженеров, технологов, конструкторов характерен для 81 % предприятий.

Одной из основных причин кадрового дефицита, по оценкам авторов исследова-

ния, является отсутствие взаимодействия между образовательными учреждениями и промышленными предприятиями, слабый уровень практической подготовки выпускников. Решение проблемы нехватки кадров в промышленности лежит на пути значительного увеличения в учебных заведениях бюджетных мест по актуальным в наше время направлениям подготовки специалистов; обеспечение бюджетным финансированием колледжей, работающих в промышленных регионах страны; организации учебных курсов на базе промышленных предприятий; повышение роли мероприятий профессиональной ориентации молодежи, повышение престижа трудовых профессий в сфере культуры и др. [9].

Большинство экспертов признает необходимость кооперации вузов, промышленных предприятий и компаний в интересах решения проблемы кадрового дефицита. Явно назревает необходимость более тесного сотрудничества представителей нанимателя и работодателей с руководством вузов в деле разработки основных образовательных программ, программ прохождения производственной практики, подготовки именно тех выпускников, в которых нуждается отечественная промышленность. Еще одной проблемой, требующей своего решения является отсутствие у выпускников навыков самоопределения на рынке труда, планирования и реализации трудовой карьеры, умения вести переговоры с работодателями по вопросам трудоустройства.

Проблема привлечения новых работников заставляет компании предлагать потенциальным сотрудникам все более и более высокие зарплаты. Так, согласно Росстату, в апреле 2023 г. средненачисленная номинальная зарплата в России составляет 71 204 руб., что на 13 % выше аналогичного показателя прошлого года. А рост реальных зарплат т. е. скорректированных на инфля-



цию — в том же месяце достигает рекорда за пять лет и составил 10,4 % по отношению к апрельскому показателю 2022 г. [10].

Превышение роста оплаты труда над ростом производительности в условиях нехватки рабочей силы создает риск ограничения возможностей производственного накопления и сдерживания экономического роста, приводит к нарушению баланса между денежными и товарными массами и стимулирует развитие инфляции. Именно поэтому становится понятной позиция Центрального банка России, предупреждающего о наблюдаемом сегодня значительном смещении баланса рисков в сторону проинфляционных ожиданий [11–14].

Вместе с тем, решение проблемы соотношения производительности труда и заработной платы не имеет однозначного варианта ответа. С одной стороны, действительно необоснованное повышение заработной платы усиливает неравенство и разрывы в оплате труда, нарушает условия сохранения равновесия меду денежной и товарной массами и в конечном счете стимулирует инфляцию. С другой стороны, если в стране заработная плата находится на низком уровне, то существенного повышения производительности труда и экономики в целом невозможно добиться без приложения усилий для ее роста. Достойный уровень и качество жизни людей в условиях преодоления последствий коронавируса и сильного санкционного давления не могут быть нормальными без удовлетворения в полной мере потребности в пище, санитарно-гигиенических условиях жизни, жилищных условий, одежде, образовании и культуре, электронике, транспорта, отдыхе. Другими словами, функции заработной платы должны быть реализованы, что и будет побуждать работников к высокопроизводительному труду. Соответственно, определенный резерв превышения роста заработной платы

над производительностью труда у России сейчас есть. Оптимальное решение обсуждаемой проблемы, вероятно, предполагает все-таки поиск баланса между ними, что не всегда достигается простым повышением величины заработной платы.

Таким образом, в экономике страны обрабатывающая промышленность играет важную роль. Она включает в себя широкий круг деятельности, осуществляет переработку сырья, производит значительные объемы готовой продукции и вносит весомый вклад в ВВП российского государства. В условиях растущих ограничений обрабатывающая отрасль сталкивается с рядом проблем, включая дефицит инвестиционных поступлений, нехватку квалифицированной рабочей силы и устаревшее оборудование. Анализ процесса адаптации отрасли к санкционному режиму уже сегодня свидетельствует о том, что она обладает возможностями для восстановления собственного потенциала развития за счет разработки новых продуктов и технологий и при поддержке правительства и бизнеса в ближайшее время сможет выйти на устойчивую траекторию экономического роста.

### Список источников

- 1. *Кузьмин В*. Заводы на выпуск // Российская газета. 24 августа 2023.
- 2. *Путин* назвал устойчивой ситуацию с обрабатывающей промышленностью в РФ // РЕН ТВ. 13 августа 2023 г. URL: https://ren.tv/news/v-rossii/1129149.
- 3. *Гальчева А*. Эксперты выявили редкий «фронтальный подъем» в обрабатывающих отраслях // РБК. 10 июля 2023. URL: https://www.rbc.ru/economics/10/07/2023/64a7cee09a794701 04ef9145.
- 4. *О промышленном* производстве в I полугодии 2023 г. // Росстат. 26 июля 2023. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/115\_26-07-2023.html.

ОМД

- 5. Эксперт оценил восстановительный подъем в промышленности России // Известия. 10 июля 2023. URL: https://iz.ru/1542350/2023-07-10/.
- 6. *Краткосрочный* анализ динамики ВВП: август 2023 // PAH. 25 августа 2023. URL: https://new.ras.ru/activities/news/krastkosrochnyyanaliz-dinamiki-vvp-avgust-2023/.
- 7. *Башкатова А*. Вместо кадрового голода инвестиционное обезвоживание // Независимая газета. 24 августа 2023. URL: https://www.ng.ru/economics/2023-08-24/1\_4\_8809\_investments. html.
- 8. *Минпромторг* заявил о дефиците кадров в обрабатывающей промышленности // Прайм. 12 июля 2023. URL: https://lprime.ru/industry\_and\_energy/20230712/841064366.html.
- 9. В ТПП РФ рассмотрели вопросы кадрового обеспечения в отечественной промышленности // Торгово-промышленная палата Российской Федерации. 9 февраля 2022. URL: https://news.tpprf.ru/ru/news/2996124/.
- 10. Подцероб М., Осипов А. В России продолжают расти зарплаты и ощущается сильный дефицит кадров // Ведомости. З июля 2023 URL: https://www.vedomosti.ru/management/articles/2023/07/03/983378-v-rossii-prodolzhayut-rasti-zarplati-i-oschuschaetsyadefitsit-kadrov.
- 11. *ЦБ* предупредил о более значительном смещении баланса рисков в сторону проинфляционных // Интерфакс. 9 июня 2023. URL: https://www.interfax.ru/business/905577.
- 12. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. Utopía y Praxis Latinoamericana. 2018. № 82. Pp. 311–318.
- 13. *Popadyuk N*. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 1 (31). Pp. 210–218.
- 14. *Prokofiev S., Krasyukova N., Bogatyrev E.* et al. Legal Aspects of the Functioning of the State Civil Service. Utopía y Praxis Latinoamericana 2018. № 82. Pp. 319–325.

### References

- 1. Kuzmin V. Plants for production. *Russian newspaper*, August 24, 2023.
- 2. Putin called the situation with the manufacturing industry in the Russian Federation stable. *REN TV*, August 13, 2023, available at: https://ren.tv/news/v-rossii/1129149.
- 3. Galcheva A. Experts have identified a rare «frontal rise» in the manufacturing industries. *RBC*, July 10, 2023, available at: https://www.rbc.ru/economics/10/07/2023/64a7cee09a79470104 ef9145.
- 4. On industrial production in the first half of 2023. *Rosstat*, July 26, 2023, available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/115 26-07-2023.html.
- 5. An expert assessed the recovery in Russian industry. *Izvestia*, July 10, 2023, available at: https://iz.ru/1542350/2023-07-10/.
- 6. Short-term analysis of GDP dynamics: August 2023. *RAS*, August 25, 2023, available at: https://new.ras.ru/activities/news/krastkosrochnyyanaliz-dinamiki-vvp-avgust-2023/.
- 7. Bashkatova A. Instead of personnel shortage investment dehydration. *Nezavisimaya Gazeta*, August 24, 2023, available at: https://www.ng.ru/economics/2023-08-24/1\_4\_8809\_investments. html.
- 8. The Ministry of Industry and Trade announced a shortage of personnel in the manufacturing industry. *Prime*, July 12, 2023, available at: https://lprime.ru/industry\_and\_energy/20230712/841064366. html.
- 9. The Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation considered issues of staffing in the domestic industry. *Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation*, February 9, 2022, available at: https://news.tpprf.ru/ru/news/2996124/.
- 10. Podtserob M., Osipov A. In Russia, salaries continue to grow and there is a strong shortage of personnel. *Vedomosti*, July 3, 2023, available at: https://www.vedomosti.ru/management/articles/2023/07/03/983378-v-rossii-prodolzhayut-rasti-zarplati-i-oschuschaetsyadefitsit-kadrov.
- 11. The Central Bank warned about a more significant shift in the balance of risks towards pro-



inflationary ones. *Interfax*, June 9, 2023, available at: https://www.interfax.ru/business/905577.

- 12. Popadyuk N., Rozhdestvenskaya I., Eremin S. et al. Legal Aspects of Municipal Service in Territory Development Programs. *Utopia y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 311–318.
- 13. Popadyuk N. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the

Regions. Journal of Advanced Research in Law and Economics, 2018, vol. 1 (31), pp. 210–218.

14. Prokofiev S., Krasyukova N., Bogatyrev E. et al. Legal Aspects of the Functioning of the State Civil Service. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 2018, no. 82, pp. 319–325.

УДК 336.763(47+100)

А. С. ПОЛИЙЧУК, аспирант (СЗИУ РАНХиГС, г. Санкт-Петербург)

E-mail: polichuk@mail.ru

A. S. Poliychuk (Russian Academy of National Economy and Public Administration, Saint Petersburg)

# Эффективное управление экономикой добывающей промышленности в контексте борьбы с нелегальными финансовыми операциями

### Effective management of the extractive industry economy in the context of combating illegal financial transactions

В РФ добывающая промышленность сталкивается с проблемой недостаточной регуляции и коррупционных рисков, что отражается на официальной финансовой активности в этом секторе. Согласно данным Росфинмониторинга за 2019 г., в добывающем секторе зафиксировано свыше 300 тыс. финансовых операций с признаками нелегальности. Основной законодательной базой в данной области являются Федеральные законы. Приведенные в работе нормативно-правовые акты определяют экономические и правовые рамки для деятельности компаний в добывающем секторе. Дополнительно ряд подзаконных актов и решений Правительства РФ, а также директивы и указания Минприроды и других соответствующих органов детализируют и конкретизируют эти законы. Это позволяет наладить более точный и эффективный механизм учета и контроля в данной сфере. Однако, несмотря на это, анализ данных показывает, что общее число преступлений в добывающей промышленности увеличивается с 2500 в 2015 г. до 3030 в 2022 г., что представляет собой прирост на 21,2 %. Это указывает на деградацию криминогенной ситуации в этом экономическом секторе. Повышение уровня нелегальной активности в добывающем секторе сопровождается ростом ущерба от преступлений, что, в свою очередь, подрывает экономическую стабильность и экологическую безопасность страны. Основным фактором устойчивого развития в добывающей промышленности является комплексное взаимодействие между государственными органами,

промышленными предприятиями и обществом. Такая кооперация, основанная на принципах доверия и открытости, может способствовать оптимизации управления ресурсами, соблюдению экологических норм и адаптации к изменяющимся рыночным условиям.

ОМД

In the Russian Federation, the extractive industry also faces the problem of insufficient regulation and corruption risks, which affects official financial activity in this sector. According to Rosfinmonitoring data for 2019, over 300 thousand financial transactions with signs of illegality were recorded in the mining sector. The main legislative framework in this area is Federal laws. These regulations define the economic and legal framework for the activities of companies in the extractive sector. Additionally, a number of bylaws and decisions of the Government of the Russian Federation, as well as directives and instructions of the Ministry of Natural Resources and other relevant bodies, detail and specify these laws. This makes it possible to establish a more accurate and effective accounting and control mechanism in this area. However, despite this, data analysis shows that the total number of crimes in the extractive industry increased from 2,500 in 2015 to 3,030 in 2022, which represents an increase of 21.2%. This indicates the degradation of the criminogenic situation in this economic sector. An increase in the level of illegal activity in the extractive sector is accompanied by an increase in damage from crimes, which in turn undermines the economic stability and environmental security of the country. The main factor of sustainable development in the extractive industry is the complex interaction between government agencies, industrial enterprises and society. Such cooperation, based on the principles of trust and openness, can contribute to the optimization of resource management, compliance with environmental standards and adaptation to changing market conditions.

**Ключевые слова**: легализация незаконных доходов; противодействие; российская экономика; международная экономика; Международный валютный фонд.

**Keywords**: legalization of illegal income; counteraction; Russian economy; international economy; International Monetary Fund.

В современной добывающей промышленности вопросы нелегальных финансовых активов и непрозрачных операций приобретают критическую значимость. Согласно аналитическим исследованиям Международного валютного фонда, до 5 % всех финансовых активов в этой отрасли в 2020 г. могли быть связаны с потенциально незаконными или неэтичными практиками, что составляет примерно 1,5–3,5 трлн долл. США. Эта динамика может оказывать существенное влияние на экономическую стабильность отрасли на глобальном уровне. Например, потери от нечестных финансовых

операций могут составлять до 240 млрд долл., что подрывает финансовую устойчивость и экономическую эффективность добывающих предприятий.

Что касается РФ, значительная часть экономики в сфере добычи полезных ископаемых может находиться вне официального финансового оборота из-за несовершенства законодательной базы и коррупционных рисков. Данные Росфинмониторинга за 2019 г. указывают на более чем 320 тыс. финансовых операций с признаками нелегальности. Центральными нормативными акта-



ми в области регулирования добывающей промышленности являются Федеральный закон «О недрах» и ряд сопутствующих подзаконных актов, решений Правительства РФ и директив различных министерств и ведомств. Для контроля и мониторинга финансовых потоков в добывающей сфере развитые страны активно внедряют автоматизированные системы. В Соединенных Штатах, например, функционирует система *FinCEN*, которая анализирует финансовые операции в отрасли с целью выявления и пресечения финансовых нарушений.

Несмотря на все усилия, многие случаи незаконной финансовой активности в добывающей промышленности остаются нераскрытыми. Согласно исследованиям российских академических учреждений, лишь малый процент уголовных дел в этой категории завершается юридически обоснованным вердиктом. Ключевым элементом для устойчивого развития добывающей промышленности является взаимодействие между государственными органами, предприятиями и обществом. Стратегическое партнерство и кооперация на основе взаимного доверия могут служить катализатором для создания эффективных систем управления ресурсами, включая учет экологических параметров и адаптацию к изменяющимся рыночным условиям.

### Материалы и методы

Современные методики машинного обучения и алгоритмы искусственного интеллекта революционизируют управление в добывающей промышленности. Технологии блокчейн находят применение в трассировке происхождения минеральных ресурсов и обеспечении их качества, что отвечает на запросы заинтересованных сторон по повышению прозрачности в данной сфере. На международной арене функционируют инициативы, направленные на стандартиза-

цию и координацию процессов в добывающей промышленности, аналогично роли, которую играет *EITI* (*Extractive Industries Transparency Initiative*) в этой сфере.

В различных странах активно внедряются инновационные технологии для повышения устойчивости и эффективности добывающих предприятий. К примеру, в Канаде, благодаря жесткому регулированию и контролю со стороны федеральных и провинциальных органов, удается значительно снизить количество нарушений экологических стандартов и условий безопасности работы.

Несмотря на внедрение передовых технологий, достижение полной уверенности в экологической и экономической безопасности, добывающего сектора остается сложной задачей. Эксперты в области устойчивого развития и добывающей промышленности подчеркивают важность создания международных платформ для обмена опытом и координации действий. Исследования кибербезопасности и блокчейн-технологий открывают новые перспективы для создания систем мониторинга и прослеживания происхождения минеральных ресурсов. С учетом глобализации экономических процессов и интенсификации международной торговли растет потребность в международных транзакциях в добывающем секторе. Это создает условия для возможного появления некачественных или незаконно добытых минералов. Данные, представленные Международной организацией по развитию минеральных ресурсов (International Council on Mining and Metals, ICMM), подтверждают, что степень интеграции страны в мировую добывающую индустрию напрямую коррелирует с уровнем прозрачности и качества ее добывающего сектора.

### Результаты исследования

В контексте экономики добывающей промышленности России, проблема эффектив-

ного управления и учета ресурсов представляет собой уникальный комплекс задач [1]. Отсутствие эффективных механизмов контроля добычи и логистической прозрачности сопряжено с нерегулируемой деятельностью определенных акторов на рынке, что приводит к финансовым потерям в этом секторе [2]. Эта проблематика имеет глубокие корни в российской экономике добывающей промышленности, что подтверждается множеством исследований [3—7].

На международном уровне существуют методологии для оптимизации добывающих процессов и учета ресурсов [8, 9]. Применение современных цифровых технологий и инновационных методов в секторе добывающей промышленности может значительно улучшить управление ресурсами в ведущих странах-экспортерах минеральных ресурсов [10]. Тем не менее, наивысшая эффективность достигается через комплексный подход, который включает в себя соблюдение международных стандартов и многоуровневое партнерство. Количественный анализ показывает, что страны с высоким уровнем прозрачности в добывающей сфере и современной системой учета минеральных ресурсов имеют меньший риск потерь и более высокую эффективность производства [11]. Это, скорее всего, связано с развитой правовой базой, включая соблюдение законов, таких как Федеральный закон «О недрах» и других регуляторных механизмов, а также хорошо налаженной системой управления рынком добывающей промышленности.

За период с 2015 по 2022 гг. в добывающей промышленности России наблюдается рост общего числа преступлений (см. табл. 1). Количество преступлений увеличивается с 2488 в 2015 г. до 3022 в 2022 г., что составляет прирост на 21,5 %. Такое увеличение может свидетельствовать об ухудшении криминогенной ситуации в данной отрасли.

Анализ ущерба от преступлений показывает аналогичную тенденцию к росту: с 300 млн руб. в 2015 г. до 352 млн руб. в 2022 г. Отметим, что в 2022 г. ущерб снижается по сравнению с 2021 г. (с 360 млн руб. до 352 млн руб.). Доля возмещенного ущерба также меняется, варьируясь от 26,7 % в 2015 г. до 32,1 % в 2022 г. Несмотря на относительно небольшие абсолютные показатели, положительная динамика наблюдается в сторону увеличения доли возмещенного ущерба. Количество арестованных лиц также увеличивается: с 1800 в 2015 г. до 2250 в 2022 г. Это может свидетельствовать о повышении эффективности правоохранительных органов, хотя стоит учитывать также рост общего числа преступлений. Процент расследованных дел показывает положительную динамику с 70 % в 2015 г. до 77 % в 2021 г., после чего происходит снижение до 71 % в 2022 г. Процент осужденных остается стабильным, варьируясь от 60 до 67 %.

Тема оптимизации ресурсов в добывающей промышленности является предметом исследований различных мировых организаций, специализирующихся в горнодобывающей отрасли [12]. Несмотря на разнообразие методик, есть ряд универсальных рекомендаций, основанных на долголетнем опыте в этой сфере. Их применение может стать краеугольным камнем стратегии по повышению эффективности добывающего сектора.

В контексте российской динамики акцентировано внимание на проблеме учета доходов и расходов в добывающем секторе, что отражает специфику этого сектора. Отсутствие прозрачных механизмов учета и координации между регулирующими структурами может способствовать нецелевому использованию бюджетных средств и утечке капитала [2]. Этот вопрос остается актуальным для российского добывающего сектора.

Незаконная добыча минералов стоит на переднем плане среди экономических пре-



Таблица 1 Экономические показатели преступлений в отрасли добывающей промышленности России

Год	Общее число преступлений	Ущерб, млн руб.	Возмещено, млн руб.	Количество арестованных	Процент расследованных дел, %	Процент осужденных, %
2015	2488	300	80	1800	70	60
2016	2769	320	85	1900	72	62
2017	2644	310	90	1850	71	61
2018	2787	330	95	2000	74	64
2019	2904	340	100	2100	75	65
2020	2951	350	105	2150	76	66
2021	2997	360	110	2200	77	67
2022	3022	352	113	2250	71	60

Таблица 2 Детализированные экономические показатели преступлений в добывающей промышленности России

Год	Незаконная	Вандализм на	Экологиче-	Присвоение	Общий	Процент	Процент
	добыча ми-	нефтегазовых	ские нару-	корпоративных	ущерб,	расследо-	осужден-
	нералов	установках	шения	средств	МЛН	ванных дел,	ных, %
					руб.	%	
2015	1300	700	270	200	310	68	57
2016	1345	715	280	195	328	67	58
2017	1380	750	265	210	345	65	60
2018	1410	760	280	220	353	69	61
2019	1450	775	290	215	376	70	63
2020	1490	790	300	230	392	72	65
2021	1520	805	310	245	408	74	66
2022	1560	820	315	260	423	73	68

ступлений в добывающей промышленности (см. табл. 2). За период с 2015 по 2022 гг. количество случаев растет с 1300 до 1560, что представляет собой прирост на 20 %. Этот факт сигнализирует о ухудшении обстановки в данной отрасли преступлений. Случаи вандализма на нефтегазовых установках также увеличиваются с 700 в 2015 г. до 820 в 2022 г., отражая прирост на 17,1 %. Это может быть связано как с увеличением числа потенциальных целей для преступников, так и с снижением уровня безопасности и эффективности превентивных мер. Экологические нарушения, включая незаконные выбросы и загрязнение, увеличиваются с 270 до 315 (рост на 16,7 %). Это может быть связано с ростом произ-

водственной активности или с ухудшением государственного контроля. Число случаев присвоения корпоративных средств растет с 200 в 2015 г. до 260 в 2022 г., показывая прирост на 30 %. Это может указывать на увеличение коррупционных схем или на неэффективность контрольных механизмов. Общий ущерб от всех категорий преступлений демонстрирует устойчивую тенденцию к росту, увеличиваясь с 310 млн руб. в 2015 г. до 423 млн руб. в 2022 г. (рост на 36,5 %). В то время как процент расследованных дел остается на относительно высоком уровне, колеблющемся от 65 % в 2017 г. до 74 % в 2021 г., процент осужденных показывает устойчивый рост с 57 % в 2015 г. до 68 % в 2022 г. Это может говорить о повышении

ОМД

эффективности деятельности правоохранительных органов [13].

Регулирование добывающей промышленности в России осуществляется согласно Федеральным законам «О недрах» и «Об охране окружающей среды», устанавливающих правила деятельности в данной сфере. На мировой арене в добывающей промышленности успешно реализованы методики учета и контроля, включая применение новых технологий [14]. Интеграция инноваций и цифровых решений позволяет оптимизировать экономические показатели даже в странах с развитой добывающей промышленностью. Подчеркивается важность международного сотрудничества и обмена опытом для повышения эффективности экономической деятельности. Анализ данных показывает, что страны с прозрачной экономической политикой в добывающем секторе имеют меньший риск неэффективного использования ресурсов [3].

Тема оптимизации экономики в добывающей промышленности занимает ключевую роль в научных исследованиях различных институтов мирового уровня (см. рис. 1). Исходя из многолетнего опыта в данной сфере, были разработаны универсальные рекомендации, способствующие формированию высокоэффективных стратегий развития этой отрасли [12]. Важным аспектом является избегание рисков, связанных с перерегулированием и административными препятствиями, которые могут снизить инвестиционную привлекательность и тормозить технологические инновации в добывающем секторе [15].

В РФ основными регулятивными документами в области добывающей промышленности являются Федеральные законы, такие как «О недрах» и «О лицензирова-

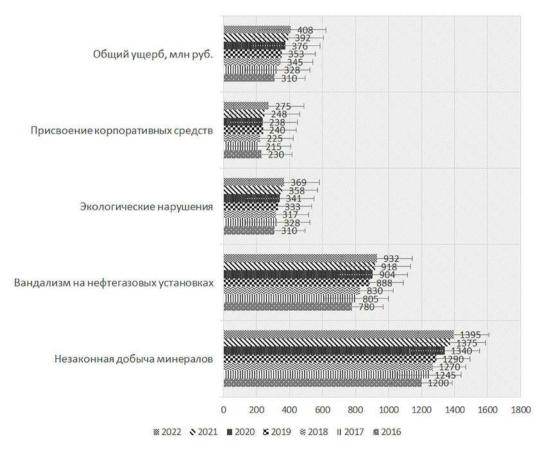


Рис. 1. Детализированные экономические показатели преступлений в добывающем секторе РФ



нии отдельных видов деятельности». Эти законы устанавливают правовую и экономическую базу для действий предприятий, задействованных в добыче полезных ископаемых, и обеспечивают соблюдение соответствующих стандартов и требований. Дополняют их ряд подзаконных актов, включая решения Правительства РФ, а также директивы и указания Минприроды и других соответствующих государственных органов.

Проведем исследование данных по различным странам, сосредоточенное на показателях, связанных с уровнем экономических потерь и эффективностью расследований и судебных процессов в добывающей промышленности в период 2020-2022 гг. (см. табл 3). Выявлен целый ряд значимых динамик и корреляций. В первую очередь, следует подчеркнуть, что практически все страны отмечают рост уровня ущерба от 2020 к 2021 гг., тем не менее, в большинстве случаев этот показатель снижается в 2022 г. Скорость снижения ущерба колеблется от 2,6 % в США до 4,8 % в России, что может отражать различную эффективность судопроизводства или другие факторы, такие как экономические и социальные переменные (см. рис. 2) [12]. Однако процент успешно расследованных дел и количество осужденных не всегда следуют этой тенденции. В Китае, несмотря на снижение уровня ущерба на 3,1 %, доля расследованных дел и осужденных составляют всего 60 и 56 %, соответственно. Это может указывать на наличие системных проблем в правоохранительных органах [15]. Напротив, в Японии, где уровень снижения ущерба равен 4,2 %, доля расследованных дел и осужденных находится на относительно высоком уровне (85 и 82 %, соответственно), что может свидетельствовать о более эффективной системе правосудия. Стоит также отметить, что высокий процент расследованных дел и осужденных не обязательно коррелирует с низким уровнем ущерба. В США, например, уровень ущерба остается относительно высоким, несмотря на достаточно высокий процент расследованных дел (78 %) и осужденных (74 %). Это может указывать на наличие других, возможно, экономических или социокультурных факторов, которые влияют на уровень ущерба. Примечательным является случай Германии, где доля расследованных дел и осужденных составляет 82 и 79 %, соответственно, при

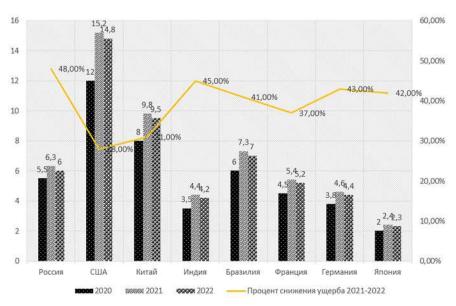


Рис. 2. Детализированные экономические показатели преступлений по странам (млн долл. США)

относительно низком уровне ущерба и его снижении на 4,3 % в 2022 г. Это может служить индикатором эффективного сочетания экономической стабильности и судебного порядка.

В контексте российской добывающей промышленности акцентировано внимание на проблеме неэффективного использования ресурсов и потенциальных экономических нарушений. Существует распространение неоптимизированных операционных методик, что может привести к неэффективности и утечке ресурсов в этом секторе.

Изучение законодательного регулирования в данной сфере выявляет постоянные адаптации и модификации законов, направленные на оптимизацию и повышение транспарентности финансовых и экологических аспектов добычи [9]. Качество операций в добывающем секторе напрямую зависит от соответствия законодательным стандартам и взаимодействия между всеми участниками рынка. Анализы указывают на увеличение числа экономических и экологических нарушений в российской добывающей промышленности из-за недостатка прозрачности и сложности контроля над добывающими операциями [13]. Эта тенденция может быть связана не только с ростом объемов добычи, но и с изменением структуры рынка и внедрением новых технологий [16]. На международном уровне исследования подчеркивают важность коллаборации и обмена данными в сфере добывающей промышленности, особенно в контексте экологической устойчивости [14]. Стандартизация методологий и совместное регулирование могут существенно улучшить ситуацию на рынке.

Тем не менее, коррупция и неэффективное использование ресурсов продолжают быть актуальными проблемами, что подчеркивает необходимость дополнительных мер для усиления прозрачности и ответственности участников рынка [5]. В условиях интенсивной конкуренции необходим комплексный подход, который бы учитывал интересы как крупных корпораций, так и мелких предприятий. Добывающий сектор России находится на перепутье экономических и экологических трансформаций, и роль законодательства в этом процессе крайне важна. Несмотря на сложности, адаптация к новым экономическим и экологическим реалиям через глубокую проработку законодательной базы может обеспечить устойчивое и процветающее развитие сектора.

В табл. 3 отсутствует прямое сравнение между Россией и другими странами в контексте добывающей промышленности. Однако, международный контекст является неотъемлемой частью анализа, поскольку он может влиять на внутренние экономические и экологические процессы. В России

Таблица 3 Детализированные экономические показатели преступлений в добывающей промышленности

Страца	Страна 2020 202		2022	Процент снижения	Процент	Процент
Страна 2020		2021	2022	ущерба 2021–2022, %	расследованных дел, %	осужденных, %
Россия	5,5	6,3	6,0	4,8	73	68
США	12,0	15,2	14,8	2,6	78	74
Китай	8,0	9,8	9,5	3,1	60	56
Индия	3,5	4,4	4,2	4,5	66	62
Бразилия	6,0	7,3	7,0	4,1	68	63
Франция	4,5	5,4	5,2	3,7	80	77
Германия	3,8	4,6	4,4	4,3	82	79
<b>R</b> иноп <b>R</b>	2,0	2,4	2,3	4,2	85	82



наблюдается рост преступлений в добывающем секторе, что может быть связано с различными факторами, включая экономическую ситуацию, изменение законодательства, и внедрение новых технологий. Для разработки эффективных мер по снижению этого рода преступлений необходима детализированная диагностика каждого из этих факторов.

Мировая практика в сфере добывающей промышленности подчеркивает, что устойчивое развитие предприятий этого сектора часто зависит от многофакторного подхода [11]. Эта стратегия включает в себя координированное взаимодействие органов государственной власти, предприятий добывающей промышленности и международных организаций. Меры предосторожности, такие как программа управления окружающей средой и социальной ответственности, занимают центральное место в устойчивом развитии добывающего сектора. Технологический аспект не может быть проигнорирован. С развитием цифровых технологий и инноваций, таких как применение искусственного интеллекта в геологической разведке или блокчейн-технологии для обеспечения прозрачности в цепочке поставок, методы управления и производства становятся все более сложными и требуют адекватной оптимизации.

Взаимодействие между государственными органами и добывающими компаниями играет ключевую роль. Эффективное партнерство в этой области может стать решающим фактором для успешного и устойчивого развития добывающей промышленности. Однако, отсутствие доверия между государственными структурами и предприятиями может подвергнуть риску успешное внедрение инновационных технологий [16]. Следовательно, ключевая задача заключается в создании атмосферы доверия, при которой обе стороны будут искренне вкладываться

в совместное развитие. В контексте глобализации, когда минеральные ресурсы легко перемещаются между мировыми рынками, национальные программы поддержки сталкиваются с проблемами международной конкуренции. Совместные действия на международной арене, обмен технологиями и унификация стандартов безопасности и экологии становятся решающими факторами в устойчивом развитии добывающей промышленности.

Ключевую роль в этом контексте играет мониторинг рынка добывающей промышленности [4]. Современные методы анализа данных, такие как большие данные и искусственный интеллект, становятся инструментами для прогнозирования трендов, оценки рисков и выявления неэффективных звеньев. Компетентное управление информацией о запасах, ценах и потребностях рынка позволяет оптимизировать производственные процессы и улучшить конкурентоспособность. В этой динамике образование также играет критическую роль. Подготовка будущих специалистов в области добывающей промышленности требует акцента на практические навыки и глубокое понимание отраслевых реалий. Важно, чтобы учебные программы включали в себя модули по экономике добывающей промышленности, устойчивому развитию и инновационным технологиям.

**Выводы.** 1. В контексте современной добывающей промышленности, вопросы устойчивости и эффективности экономических процессов приобретают ключевую значимость. Исследования указывают на то, что несмотря на развитую политику в этой сфере и наличие различных регуляторных мер, таких как Закон о национальной безопасности природных ресурсов, основные проблемы связаны с технологическими изменениями, колебаниями цен на ресурсы и глобализацией добывающей отрасли.

ОМД

Ключевым аспектом устойчивого развития добывающей промышленности является координация между государственными органами, корпорациями и обществом. Эффективная кооперация, построенная на основе доверия, может обеспечить создание рациональных систем управления ресурсами, с учетом экологических стандартов и адаптацией к переменам на рынке.

В эпоху глобализации международное сотрудничество в добывающей сфере играет критическую роль. Отсутствие координированных усилий и обмена опытом в управлении природными ресурсами может снизить конкурентоспособность страны на мировом рынке. В этом контексте, акцент на образование в сфере управления природными ресурсами и добывающей промышленности становится особенно актуальным. Развитие передовых образовательных программ, ориентированных на анализ рынка, управление рисками и применение современных технологий, таких как Интернет вещей и искусственный интеллект, является ключевым элементом стратегии устойчивого развития данной отрасли.

Но развитие добывающего сектора — это не только вопрос экономической эффективности. Это также касается стремления к экологической устойчивости, социальной ответственности и соблюдению стандартов качества и безопасности производства. Именно эффективность подходов к решению этих многогранных задач будет определять долгосрочную устойчивость и благополучие добывающей промышленности.

### Список литературы

1. Казанцева С. Ю., Сушкова Т. В., Григоров Ю. Г., Алексанян Л. Г. Функционирование института электронных денег как отдельного механизма обеспечения экономической безопасности страны // Вестник Евразийской науки. 2019. № 2. Т. 11. С. 1–10.

- 2. Ковалев П. В., Береза А. Н. Нормативно-правовое регулирование криптовалют («виртуальных валют») // Молодой ученый. 2017. C. 54-59.
- 3. *Курдюмов М. Д*. О проблеме соотношения терминов «контроль» и «надзор» на примере властной деятельности по обеспечению конкуренции в банковской сфере // Российская юстиция. 2021. № 2. С. 23–26.
- 4. *Прошунин М. М.* Правовое положение федеральной службы по финансовому мониторингу: настоящее и перспективы // Вестник РУДН. Серия: Юридические науки. 2019. № 2. С. 14–17.
- 5. *Храпов А. И.* Основные аспекты противодействия наркоугрозе на современном этапе // Финансовая безопасность. 2020. № 28.
- 6. *Шаповалов М. А.* Банк России как мегарегулятор: новая форма старой идеи? // Банковское дело. 2013. № 2. С. 31–33
- 7. *Щербакова Т. И.* Экономическая модель постсталинского СССР и ее результаты // Экономическая теория. 2022. Т. 18. № 1.
- 8. *Овчинский В. С.* Международно-правовые основы борьбы с коррупцией и отмыванием преступных доходов. М: ИНФРА-М. 2004. 638 с.
- 9. *Лю Синь Юй*. Коррупционная составляющая экономической деятельности в Китае в коммунистическую эпоху // Издательство Пекинского университета. 2019. С. 123–125.
- 10. Майданевич Ю. П., Бабашина А. С. Российско-китайские экономические отношения: история и пути развития // АНИ: экономика и управление. 2016. Т. 5. № 2 (15). С. 178–181.
- 11. *Недилько Ю. В.* Принцип объективного вменения в отечественном уголовном праве: эволюция толкования // Пробелы в российском законодательстве. 2017. № 2. С. 59–62.
- 12. Сальников В. П., Иванов Д. П. Организационно-правовые меры борьбы с наркотизацией населения Ленинграда и области в начале 1960-1990 гг.: опыт и проблемы // Историческая наука: история и современность. 2021. № 3.
- 13. *Атабеков К. К., Супатаева Ж. Э.* О некоторых некорректных практиках в борьбе с «отмыванием» нелегальных доходов в Кыргызста-



- не // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Юриспруденция. 2021. № 4. С. 107–113.
- 14. *Багдасарян К. М., Еремин В. Д.* Теоретические аспекты развития криптоэкономики и перспективы использования технологии блокчейн в финансовом секторе // Вестник Евразийской науки. 2021 № 1. Т. 13. С. 1–11.
- 15. *Цанжапов И. А.* Китай и Россия: прошлое и настоящее. Экономические очерки // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2016. № 2. С. 112–116.
- 16. Мухаметова В. Р. Теневая экономика СССР // Социально-экономические и гуманитарные аспекты развития современного общества: материалы Всероссийской (заочной) научно-практической конференции. Уфа. 2016.

### References

- 1. Kazantseva S. Y., Sushkova T. V., Grigorov Yu. G., Aleksanyan L. G. The functioning of the institution of electronic money as a separate mechanism to ensure the economic security of the country. *The Eurasian Scientific Journal*, 2019, no. 2 (11), pp 1–10.
- 2. Kovalev P. V., Bereza A. N. Legal regulation of cryptocurrencies («virtual currencies»). *Young scientist*, 2017, pp. 54–59.
- 3. Kurdyumov M. D. On the problem of the relationship between the terms «control» and «supervision» using the example of government activities to ensure competition in the banking sector. *Russian Justice*, 2021, no. 2, pp. 23–26
- 4. Proshunin M. M. Legal status of the federal service for financial monitoring: present and prospects. *RUDN Journal of Law*, 2019, no. 2, pp. 14–17.
- 5. Khrapov A. I. Main aspects of countering the drug threat at the present stage. *Financial security*. 2020. № 28.
- 6. Shapovalov M. A. Bank of Russia as a megaregulator: a new form of an old idea? *Banking*, 2013, no. 2, pp. 31–33

- 7. Shcherbakova T. I. Economic model of the post-Stalin USSR and its results. *Economic theory*, 2022, vol. 18, no. 1.
- 8. Ovchinsky V. S. *Mezhdunarodno-pravovye* osnovy bor 'by s korrupciej i otmyvaniem prestupnyh dohodov [International legal framework for the fight against corruption and laundering of criminal income]. Moscow, INFRA-M, 2004, 638 p.
- 9. Liu Xin Yu. The corruption component of economic activity in China during the communist era. *Peking University Press*, 2019, pp. 123–125.
- 10. Maydanevich Yu. P., Babashina A. S. Russian-Chinese economic relations: history and development paths. *ANI: economics and management*, 2016, vol. 5, no. 2 (15), pp. 178–181.
- 11. Nedilko Yu. V. The principle of objective imputation in domestic criminal law: the evolution of interpretation. *Gaps in Russian legislation*, 2017, no. 2, pp. 59–62.
- 12. Salnikov V. P., Ivanov D. P. Organizational and legal measures to combat drug addiction among the population of Leningrad and the region in the early 1960-1990s: experience and problems. *Historical science: history and modernity*, 2021, no. 3.
- 13. Atabekov K. K., Supataeva Zh. E. About some incorrect practices in the fight against «laundering» of illegal income in Kyrgyzstan. *Bulletin of the Moscow State Regional University*. *Series: Jurisprudence*, 2021, no. 4, pp. 107–113.
- 14. Bagdasaryan K. M., Yeremin V. D. Theoretical aspects of cryptoeconomics development and prospects for the use of blockchain technology in the financial sector. *The Eurasian Scientific Journal*, 2021, no. 1 (13), pp. 1–11.
- 15. Tsanzhapov I. A. China and Russia: past and present. Economic essays. *Bulletin of Buryat State University. Economy and Management*, 2016, no. 2, pp. 112–116.
- 16. Mukhametova V. R. Shadow economy of the USSR. Socio-economic and humanitarian aspects of the development of modern society: materials of the All-Russian (correspondence) scientific and practical conference, Ufa, 2016.



УДК 338.2

А.И.КАБАЛИНСКИЙ, кандидат экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: AlK22@yandex.ru

A. I. Kabalinskii, (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

### Промышленная политика регионов России в условиях трансформации глобальной экономики

### Industrial policy of Russian regions in the context of the transformation of the global economy

Рассмотрены проблемы функционирования экономики регионов РФ в контексте реализации ими промышленной политики, направленной на использование индустриального сегмента социально-экономических систем, как локомотива развития соответствующих территорий. Региональная промышленная политика проанализирована с позиций выявления ограничений и возможностей, обусловленных как ситуационным изменением позиций России на внешнем контуре, вызванным попыткой санкционного воздействия на ее экономику со стороны ряда традиционных внешнеторговых партнеров, так и долгосрочными тенденциями, характерными для мирового хозяйственного механизма. Изменение позиций глобальных участников мирового рынка и соответствующей трансформации товарных потоков, а также логистических цепочек может быть использовано для формирования новых и развития существующих отраслей промышленности в регионах РФ, а также стать инструментом воздействия на социальные, экономические и демографические процессы на данных территориях.

The problems of functioning of the economy of the regions of the Russian Federation in the context of their implementation of industrial policy aimed at using the industrial segment of socio-economic systems as a locomotive for the development of the respective territories are considered. The regional industrial policy is analyzed from the standpoint of identifying limitations and opportunities caused by both situational changes in Russia's positions on the external circuit caused by an attempt to sanction its economy by a number of traditional foreign trade partners, and long-term trends characteristic of the global economic mechanism. The change in the positions of global participants in the world market and the corresponding transformation of commodity flows, as well as logistics chains, can be used to form new and develop existing industries in the regions of the Russian Federation, and can also become a tool for influencing social, economic and demographic processes in these territories.

**Ключевые слова**: промышленная политика; регионы; отрасли промышленности; управление.

**Keywords:** industrial policy; regions; industries; management.



Динамичные изменения политической и экономической ситуации в мире оказывают существенное воздействие на состояние национальных экономик, включая, разумеется, и российскую. Отечественная экономика, помимо всего прочего, подвергается внешнему давлению, имеющему целью нанесение ей ущерба, фатального для существования РФ, как независимого государства. В этих условиях промышленность, являющаяся одной из системообразующих частей народного хозяйства, стоит перед необходимостью глубокой трансформации, скорость которой должна обеспечивать своевременное демпфирование негативных последствий санкционной политики, реализуемой рядом крупнейших экономик мира. Поэтому формирование адекватной этой задаче промышленной политики является весьма актуальной проблемой.

Данная проблема вызывает вполне понятный интерес отечественной научной общественности. Среди работ, опубликованных только в текущем году, можно выделить монографию Р. А. Голоднюка, посвященную проблемам реиндустриализации, типологизации, эволюции и моделированию промышленной политики [1], статью А. М. Гарбузова об антикризисной политике поддержки промышленности столицы [2], публикацию исследователей из Челябинского госуниверситета по вопросам обеспечения технологического суверенитета [3]. Региональные аспекты данной проблемы в современных экономических реалиях также являются объектом изучения. В этом контексте можно упомянуть статью В. В. Дремова и Н. В. Киреевой по вопросу стимулирования инвестиций в региональный промышленный сектор в новых экономических условиях [4] и статью группы ученых из Кабардино-Балкарского государственного университета, посвященную совершенствованию структуры региональных промышленных комплексов [5]. Авторы вышеупомянутых работ, по нашей оценке, в целом солидарны с позицией о неизбежности и желательности масштабных изменений в российской индустрии.

С точки зрения автора, максимальный эффект для всего промышленного сегмента отечественной экономики может быть получен в результате гармонизации и согласования мероприятий, разработанных в рамках стратегических и программных документов национального и регионального уровня [6–8], обеспечивающих перераспределение производственного и кадрового ресурсов по территории страны с учетом кардинального изменения состава контрагентов во внешней торговле, а также емкости и структуры внутреннего рынка с позиций роста потребления отечественной промышленной продукции по ее объему и номенклатуре.

Государственной программой развития отечественной промышленности [9] предусмотрено развитие взаимодействия с субъектами РФ в рамках поддержки региональных программ развития промышленности. Этим же документом установлены приоритеты развития промышленности на региональном уровне (см. рис. 1).

Промышленный потенциал РФ (см. таблицу) традиционно в основном сконцентрирован (особенно в обрабатывающем сегменте) в европейской части страны. Перестройка его сложившейся территориальной структуры требует времени и, до недавнего времени, несмотря на общее осознание необходимости промышленного освоения восточных пространств осуществлялась в целом невысокими темпами.

Ситуация обрела новую динамику с февраля 2022 г., когда на фоне резко усилившихся санкций политического и экономического характера со стороны стран «коллективного запада» появилась необходимость замены некоторых традиционных торговых партнеров как в лице государств,

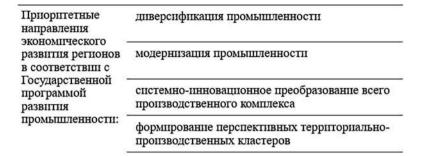


Рис. 1. Приоритеты региональной промышленной политики, установленные на федеральном уровне

Таблица Доля видов деятельности, относимых к промышленности в добавленной стоимости субъектов РФ в 2021 г.

Территория	Добыча полезных ископаемых	Обрабатывающие производства	Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование	Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по
РФ	14,4	17,2	воздуха 2,5	ликвидации загрязнений 0,6
ЦФО	1,4	18,9	2,5	0,6
С-3ФО	6,7	18,0	2,2	0,6
ЮФО	5,3	12,1	2,8	0,7
С-КФО	5,3	12,1	2,8	0,7
ПФО	17,4	22,4	2,4	0,7
УФО	46,6	14,8	2,0	0,5
СФО	21,0	20,3	3,2	0,6
ДФО	31,3	4,9	2,9	0,4

так и зарубежных компаний, быстрого замещения важных позиций импорта и адресатов экспорта, наращивания выпуска собственной высокотехнологичной продукции, в том числе военного назначения.

Хотя информация о внешней торговле России сокращается, все же можно констатировать, что в 2022 г. товарооборот России с Китаем, Турцией и Белоруссией увеличивается на 28, 84, и 10 %, соответственно, а с Германией сокращается на 23 %. В 2023 г. тенденция к снижению удельного веса Евросоюза в торговле с РФ сохранится. При этом продолжит расти доля Китая, Турции, Индии и Казахстана [10]. По оценке руководителя Федеральной таможенной службы Руслана Давыдова «глобальный разворот нашей торговли на Восток и на Юг уже состоялся» [11].

Таким образом привычная территориальная, отраслевая и логистическая структура промышленного сектора встает перед необходимостью серьезной трансформации, что должно найти отражение в стратегических и программных документах, формулирующих цели и задачи промышленной политики, а также мероприятия по их достижению.

В ходе исследования на основании данных ГАС «Управление» проанализирован массив документов регионального уровня по тематике «промышленность» принятых или измененных после февраля 2022 г. Среди 35 нормативно-правовых актов, отвечающих вышеупомянутым критериям, наибольшее их число принято в центре и на юге страны (см. рис. 2).

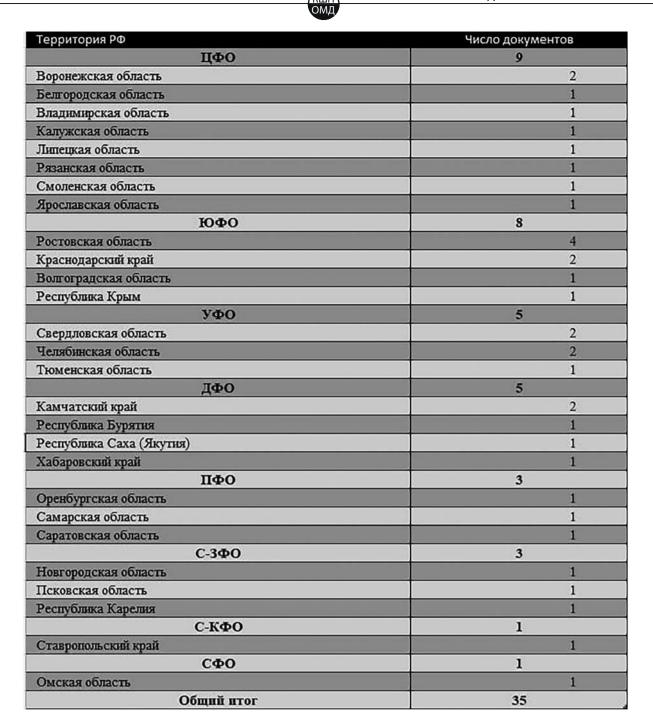


Рис. 2. Региональные стратегические и программные документы в области промышленной политики

При этом в Ростовской области проблемы развития промышленного сектора региона затрагиваются в четырех документах: госпрограмме затрагивающей проблемы промышленности и энергетики, госпрограмме в области производства продовольствия, стратегии социально-экономического развития региона и плане мероприятий по ее реализации. Всего более одного акта в области региональной промышленной поли-

тики принято в пяти субъектах РФ. В десяти регионах промышленная политика рассматривается в качестве самостоятельной темы (Владимирская, Волгоградская, Воронежская, Омская, Самарская, Саратовская, Тюменская, Челябинская Ярославская области, Хабаровский край). В восьми субъектах – в широком общеэкономическом контексте стратегий развития (Воронежский, Краснодарский, Ростовский, Рязанский,

Смоленский, Челябинский, Камчатский, Якутский регионы). В ряде случаев проблемы промышленной политики рассматриваются вместе с вопросами науки, инноваций, охраны природных ресурсов.

Проведенный анализ позволяет констатировать:

- 1. Заметная модернизация программных документов в области промышленной политики осуществлена менее чем в половине регионов России.
- 2. Лишь в Ярославской области документ в области промышленной политики принят после февраля 2022 г., остальные модернизированы путем внесения изменений в уже существующие тексты.
- 3. В настоящий момент модернизационные мероприятия в промышленности носят оперативный характер, а комплексная региональная промышленная политика пока не сформулирована полностью.

С точки зрения автора, для такой политики необходимы следующие базовые требования:

- 1. Учет долгосрочности изменения экономической ситуации в мире и роста значимости новых глобальных центров экономического развития.
- 2. Глубокий анализ потенциальных внешних и внутренних рынков сбыта для вновь формируемых производств с учетом не только ресурсных (сырьевых, материальных и трудовых) возможностей регионов России, но и потенциала конкурентов, включая конкурентов из дружественных стран.
- 3. Определение номенклатуры критически важной промышленной продукции, выпуск которой не может осуществляться в парадигме традиционных рыночных критериев прибыли и рентабельности и должен быть обеспечен силами национальной индустрии.
- 4. Разработка промышленной политики с учетом демографического потенциала

регионов и использования, в необходимых случаях квалифицированного труда работников, привлекаемых в рамках миграционной политики, предусматривающий интеграцию привлекаемой рабочей силы в российский социум и максимальное ее использование для передачи компетенций отечественным кадрам.

5. Развитие промышленного потенциала синхронно с формированием адекватной транспортной и складской инфраструктуры.

В контексте соблюдения данных требований полезным может оказаться формирование временного совещательного органа по разработке общенациональной промышленной политики, включая ее региональную составляющую, включающего представителей Правительства, профильных комитетов палат Федерального собрания, муниципальных образований традиционно или потенциально ориентированных на развитие промышленности, научных и деловых кругов.

### Список литературы

- 1. Голоднюк Р. А. Промышленная политика: формирование и реализация в условиях реиндустриализации экономики: монография. ГБУ «Институт экономических исследований». Краснодар: Новация. 2023. 269 с.
- 2. *Гарбузов А. М.* Оценка результатов антикризисной финансовой поддержки промышленных предприятий Москвы // Банковское дело. 2023. № 7. С. 10–20.
- 3. Довбий И. П., Минкин А. А., Кобылякова В. В., Кондратов М. В. Технологический суверенитет России: стратегические установки промышленной политики и концепты региональной повестки // Вестник Челябинского государственного университета. 2023. № 3 (473). С. 11–22.
- 4. Дремов В. В., Киреева Н. В. Анализ мер стимулирования инвестиционных проектов как фактор эффективности реализации про-



- мышленной политики РФ // Russian Economic Bulletin. 2023. Т. 6. № 5. С. 290–294.
- 5. Байзулаев С. А., Гергова З. Х., Гузиева Л. М., Ягумова З. Н. Необходимые и достаточные условия структурной перестройки регионального промышленного производства // Финансовый бизнес. 2022. № 12 (234). С. 117–119.
- 6. *Popadyuk N*. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 1 (31). Pp. 210–218.
- 7. *Ruchkina G*. et al. Norms of Soft Law as a New Source of Financial Law of Russia // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 1 (31). Pp. 278–286.
- 8. *Prokofiev S. E.* et al. Professional Development of Civil Servants of Russia: Legal and Organizational Aspect // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 1 (31). Pp. 234–241.
- 9. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 328 (ред. от 01.09.2023) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024).
- 10. Романова Л. Как за год изменилась внешняя торговля России // Ведомости, 4 марта. URL: https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2023/03/14/966321-kak-izmenilas-vneshnyaya-torgovlya-rossii?ysclid=lmk5ih1z sl798116226.
- 11. Встреча Михаила Мишустина с временно исполняющим обязанности руководителя Федеральной таможенной службы Русланом Давыдовым // Портал Правительства РФ. URL: http://government.ru/news/49068/.

#### References

1. Golodnyuk R. Promyshlennaya A. politika: formirovanie i realizaciya v usloviyah reindustrializacii ekonomiki: monografiya [Industrial policy: formation and implementation in the conditions of reindustrialization of the monograph. GBU **«Institute** economy: Economic Research», Krasnodar, Novaciya, 2023, 269 p.

- 2. Garbuzov A. M. Evaluation of the results of anti-crisis financial support of industrial enterprises in Moscow. *Banking*, 2023, no. 7, pp. 10–20.
- 3. Dovbiy I. P., Minkin A. A., Kobylyakova V. V., Kondratov M. V. Technological sovereignty of Russia: strategic industrial policy guidelines and regional agenda concepts. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2023, no. 3 (473), pp. 11–22
- 4. Dremov V. V., Kireeva N. V. Analysis of measures to stimulate investment projects as a factor of the effectiveness of the implementation of industrial policy of the Russian Federation. *Russian Economic Bulletin*, 2023, vol. 6, no. 5, pp. 290–294.
- 5. Baizulaeva S. A., Gergova Z. H., Guzieva L. M., Yagumova Z. N. Necessary and sufficient conditions for the structural adjustment of regional industrial production. *Financial business*, 2022, no. 12 (234), pp. 117–119.
- 6. Popadyuk N. et al. Features of Financial and Legal Incentives of Investment Activities in the Regions. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2018, vol. 1 (31), pp. 210–218.
- 7. Ruchkina G. et al. Norms of Soft Law as a New Source of Financial Law of Russia. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2018, vol. 1 (31), pp. 278–286.
- 8. Prokofiev S. E. et al. Professional Development of Civil Servants of Russia: Legal and Organizational Aspect. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2018, vol. 1 (31), pp. 234–241.
- 9. «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Razvitie promyshlennosti i povyshenie ee konkurentosposobnosti» [«On approval of the State program of the Russian Federation «Development of industry and improvement of its competitiveness» (with amendments and additions, intro. effective from 01.01.2024)]. Resolution of the Government of the Russian Federation of 15.04.2014 no. 328 (ed. of 01.09.2023).
- 10. Romanova L. How Russia's foreign trade has changed over the year. *Vedomosti*, March 4, available at: https://www.vedomosti.ru/economics/

articles/2023/03/14/966321-kak-izmenilas-vneshnyaya-torgovlya-rossii?ysclid=lmk5ih1z sl798116226].

11. Mikhail Mishustin's meeting with Ruslan Davydov, Acting Head of the Federal Customs

Service. Portal of the Government of the Russian Federation, available at: http://government.ru/news/49068/.

УДК 332.1:519.81:517

С. В. ВЕРЕТЕХИНА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: Veretehinas@mail.ru

S. V. Veretekhina (Moscow Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

## Предложение по разработке нового вида паспорта интегрированной логистической поддержки для экспортируемой наукоемкой продукции

### On the development of a new type of passport for integrated logistics support for exported science-intensive products

Рассматривается проблема экспорта отраслевой наукоемкой продукции. Описано ограничение применяемости паспортов экспортного облика и рекламного. Доказывается необходимость разработки нового вида паспорта интегрированной логистической поддержки для экспортируемой наукоемкой продукции. Актуальность обусловлена необходимостью своевременного вывода уникальной наукоемкой продукции на международный рынок и предоставления информации о длительности жизненного цикла. Автором предлагается включить такой наборов технических характеристик и экономических показателей в паспорт нового вида, который определяет длительный период эксплуатации изделия на объектах зарубежного заказчика, что является неоспоримым преимуществом. Выносится на обсуждение вопрос применения паспорта нового вида для повышения конкурентоспособности экспортируемой российской наукоемкой продукции. В публикации представлен рекомендуемый набор технических характеристик и экономических показателей, определяющих длительный жизненный цикл наукоемкой продукции. Исследование направлено на повышение конкурентоспособности отраслевой наукоемкой продукции на международном экспортном рынке.

The article discusses the problem of exporting industry-specific science-intensive products. Described is the restriction of the use of passports of export appearance and advertising. The need to develop a new type of passport of integrated logistics support for exported knowledge-intensive products is being proved. The relevance is due to the need to timely bring unique science-intensive products to the international market and

141

provide information on the life cycle duration. The author proposes to include sets of technical characteristics and economic indicators in the passport of a new type. The issue of applying a new type of passport to increase the competitiveness of exported Russian science-intensive products is brought up for discussion. The publication presents a recommended set of technical characteristics and economic indicators that determine the long life cycle of science-intensive products. The study is aimed at increasing the competitiveness of industry science-intensive products on international.

**Ключевые слова:** поддержка экспорта; отраслевая наукоемкая продукция; экспортный рынок; паспорт нового вида; интегрированная логистическая поддержка; регионы и страны.

**Keywords:** export support; industry science-intensive products; export market; new type passport; integrated logistics support; regions and countries.

Среди существующих типов технических паспортов, таких как паспорт-протокол, паспорт-формуляр, санитарный паспорт на право эксплуатации изделия, рекламный паспорт, паспорт экспортного облика и других, основными паспортами для экспортируемой наукоемкой продукции являются: паспорт экспортного облика и рекламный паспорт.

Паспорт экспортного облика (ПЭО) является отраслевым документом, который включает в себя описания: назначения экспортного образца; стандартные формы описания по системе каталогизации предметов снабжения; требования к ограничению доступа; перечень результатов работ, которые могут быть переданы зарубежному заказчику; описание применяемых технологий (при необходимости), способы использования изделия в реальных условиях.

Экспортируемое наукоемкое изделие разрабатывается в интересах зарубежных заказчиков в единственном экземпляре и признается уникальным. Уникальность наукоемкой продукции определяется следующими основными критериями:

- 1) стоимость изделия значительно превышает стоимость предыдущего аналога;
- 2) удельный вес затрат (доля единицы затрат от суммарного объема затрат в процентах) НИОКР входит в стоимость изделия;

- 3) применяются запатентованные технические, технологические решения;
- 4) применяется узкоспециализированное программное обеспечение;
- 5) используется квалифицированный научный труд.

Уникальные наукоемкие изделия разрабатываются в рамках государственных заказов. Результаты НИОКР экспортируемой наукоемкой продукции составляют ряд сведения, которые представляют интерес для зарубежного заказчика, но со стороны отраслевого производителя не могут быть обнародованы. В связи с чем, отраслевые предприятия ограничивают применение паспорта экспортного облика группой секретности.

Вспомогательными критериями определения уникальности наукоемкой продукции являются:

- 1) неустойчивость спроса/предложения на международном экспортном рынке;
- 2) чувствительность к применяемым технологиям;
  - 3) специфическое ценообразование;
- 4) инновационный потенциал зарубежного заказчика.

Инновационный потенциал (по Канторовичу) — это совокупная способность зарубежной страны подготовить кадровый потенциал, материально-техническое обеспе-

чение и ресурсы для поддержания высокого уровня технического обслуживания наукоемкой продукции силами и средствами зарубежного заказчика. Паспорт экспортного облика является документом с длительным периодом его согласования и утверждения. Порядок согласования и утверждения экспортной комиссии и согласование объема информации об изделии, сообщаемой зарубежным заказчикам, определен рекомендациями, установленными Приказами Минобороны [1]. Рекомендации по оформлению паспорта экспортного облика размещены на сайте «Судебные и нормативные акты РФ» [2].

Рекламный паспорт (РП) предназначен для осуществления рекламно-выставочной деятельности. Разработка РП и ПЭО проводится согласно требованиям «Методических рекомендации по разработке и представлению на утверждение паспортов экспортного облика и согласование рекламных паспортов на продукцию военного назначения». Методические материалы утверждены Федеральной службой по техническому сотрудничеству, представлены на информационно-правовом портале ГАРАНТ.РУ [3]. Основными согласующими подразделениями выступают: управление интеллектуальной собственности, военно-технического сотрудничества и экспертизы поставок Министерства обороны РФ, Федеральные службы по техническому контролю. Основополагающим руководящим документом является «Положение о порядке осуществления военно-технического сотрудничества Российской Федерации с иностранными государствами» [4].

Отраслевые предприятия ограничивают применение паспортов РП и ПЭО, что затрудняет работу таких служб предприятия, как внешне-экономическая, патентно-правовая, финансово-экономическая. В условиях новой экономической реальности, обу-

словленной происходящими изменениями, имеется необходимость разработки нового паспорта изделия - паспорта интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации (ИЛП). Интегрированная логистическая поддержка технической эксплуатации наукоемкой продукции является составляющей частью технологии CALS/ /ИПИ (Информационная Поддержка жизненного цикла Изделий). Технология ИЛП направлена на продление жизненного цикла наукоемкой продукции на объектах эксплуатации зарубежного заказчика. Национальной стандарт РФ ИЛП. Р56111 «ИЛП. Номенклатура показателей эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ)...» определяет требования к набору технических характеристик и экономических показателей, которые определяют (описывают) жизнеспособность изделия на длительном периоде послепродажного обслуживания. Периодами послепродажного обслуживания являются: эксплуатация, гарантийное, послегарантийное обслуживание и ремонт. Актуальность разработки нового вида паспорта (паспорт ИЛП) обусловлена происходящими политическими и социальными изменениями, санкциями, финансовыми и экспортными ограничениям, которые проводят страны в отношении России.

### Подход к разработке паспорта ИЛП

Среди существующих подходов к разработке технической документации таких, как повышение качества и производительности, снижение рисков, ревью (контроль версий и утверждение), отраслевая экспертиза, и других прикладных подходов использования программного обеспечения в разработке документации (Doc-as-code, DocOps), автором предлагается подход, основаный на применении разработанной базовой системы показателей к разработке нового вида паспорта ИЛП. Эта система



представляет собой набор технических характеристик и экономических показателей, по численным значениям которых можно определить (просчитать) жизненный циклизделия.

Номенклатура ЭТХ ИЛП рассматривает технические, временные, стоимостные параметры. Основными параметрами ЭТХ ИЛП являются:

- 1) восстановление (процесс перевода изделия из неработоспособного состояния в работоспособное);
- 2) отказоустойчивость (способность образца техники обеспечивать завершение цикла применяемости по назначению в ожидаемых условиях эксплуатации, при возможных отказах/повреждениях);
- 3) эксплуатационно-ремонтная технологичность.

Эксплуатационно-ремонтная технологичность описывается характеристиками надежности, живучести, отказоустойчивости, контролепригодности, ремонтопригодности.

Дополнительными параметрами ЭТХ ИЛП экспортируемого наукоемкого изделия

являются: безотказность, долговечность, сохраняемость. Для определения численных значений ЭТХ ИЛП используются априорные данные отраслевых классификаторов, баз данных, *Data Science*, НИОКР, технического задания (ТЗ) на проектирование, схемы отказов, состав изделия, временные параметры и их ограничения, номенклатура и количество запасных частей и принадлежностей и др. Для определения дополнительных параметров ЭТХ ИЛП рассчитываются: вероятность, средние значения, интенсивность, параметр потока, временные интервалы (сроки) (см. табл. 1).

Основные параметры ЭТХ ИЛП применительно к экспортируемому наукоемкому изделию представлены в табл. 2. Другие показатели из полной номенклатуры ЭТХ ИЛП не представляется возможным определить в силу отсутствия данных, к которым относятся сведения по выявленным отказам предыдущих образцов, серийность выпуска продукции по отрасли и другие временные, стоимостные параметры [5, 6].

Технология ИЛП направлена на продление жизненного цикла наукоемких изделий

Таблица 1 Номенклатура дополнительных показателей ЭТХ ИЛП

Показатель безотказности	Показатель долговечности	Показатель сохраняемости	
Вероятность безотказной работы в	Назначенный ресурс	Средний	
течение типового цикла	(срок службы)	срок сохраняемости	
Вероятность безотказной работы	Проектный ресурс (срок службы)		
Средняя наработка на отказ	Ресурс (срок службы) до списания		
Средняя наработка до отказа в течение типового цикла	Гамма-процентный ресурс		
Средняя наработка на отказ, приводящий к невыполнению задания		Назначенный срок хранения	
Параметр потока отказов			
Интенсивность отказов	Средний срок службы		
Вероятность отказа определенного вида			
Средняя наработка изделия на неплановый съем с образца			



Таблица 2

### Номенклатура основных показателей ЭТХ ИЛП

Показатель отказоустойчивости		Показатели надежности
1.1 коэффициент от-казоустойчивости	2.1 показатель безотказности	<ol> <li>вероятность работ по типовым циклам</li> <li>средняя наработка на отказ</li> <li>параметры</li> <li>интенсивность отказов</li> </ol>
1.2 коэффициент опасности особых ситуаций	2.2 показатель долговечности	1. ресурс (назначенный, проектный, гамма процентный, средний, до списания)
_	2.3 показатель сохраняемости	1. срок средний 2. срок назначенный
_	2.4 показатель эксплуатационноремонтной технологичности	1. средняя трудоемкость 2. средняя продолжительность 3. коэффициент загрузки исполнителя
_	2.5 показатель контролепригодности	1. частота неподтвержденных отказов 2. вероятность ложной/отсутствие информации 3. среднее время поиска отказа
	2.6 показатель комплексный	<ol> <li>коэффициент готовности к применению</li> <li>коэффициент технической готовности</li> <li>коэффициент готовности</li> <li>коэффициент планируемого применения</li> <li>коэффициент эксплуатационной готовности</li> <li>коэффициент эксплуатационно-экономической эффективности</li> <li>коэффициент эксплуатационно-экономической эффективности</li> <li>среднее число прерванных типовых циклов на тысячу</li> <li>удельная суммарная продолжительность восстановления</li> <li>удельные суммарные затраты на ТО</li> <li>удельные суммарные затраты на ремонт</li> </ol>

за счет достижения высокого уровня технической эксплуатации. Применяя данную технологию к экспортируемой наукоемкой продукции, например по отрасли радиолокации, имеется возможность продлить жизненный цикл изделия до 70 лет.

### Обсуждение результатов

Актуальной проблемой экспорта является необходимость своевременного выво-

да уникальной наукоемкой продукции на международный рынок. Для отраслевых предприятий проблема повышения конкурентоспособности наукоемкой продукции на международном экспортном рынке остается одной из важнейших стратегических задач [7, 8]. Из-за сложных механизмов взаимодействия отраслевого производителя наукоемкой продукции на международном экспортном рынке возникла необходимость



разработки комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта [9]. За простой изделия, за любые временные задержки функционирования изделия, зарубежный заказчик выставляет международные санкции, штрафная стоимость которых приравнивается к стоимости приобретения изделия.

Продвижение наукоемкой продукции на международный рынок можно сравнить с конкурентной борьбой своевременного вывода изделия на международный рынок [7, 10, 11]. Как показывает практика международной торговли, цена изделия не является доминирующей. Зарубежный заказчик выставляет требования к высокому уровню интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации наукоемкой продукции в зарубежной стране к стоимости. Для экспортируемой наукоемкой продукции интегрированная логистическая поддержка технической эксплуатации представляется набором технических, инженерных и организационных мероприятий, направленных на поддержание изделия в работоспособном/исправном состоянии [12]. Вопрос сложности вывода отраслевой наукоемкой продукции на международный экспортный рынок рассматривается в работах многих российских ученых. Анализ существующих механизмов поддержки экспорта отраслевого производителя в условиях новой экономической реальности, показывает необходимость разработки современного информационной поддержки механизма отраслевого производителя. Российским ученым Бахтизиным А. Р. дается оценка влияния санкционных ограничений в количественном и отраслевом аспектах [13, 14]. Основы стратегического управления экономикой в современных условиях представлены научными исследованиями Клейнера Г. Б. [15]. Подходы к трансформации в новых реалиях представлены в работах

Прокофьева С. Е. [16]. Развитие цифровой экономики регионального уровня представлены работами коллектива российских ученых под руководством Эскиндарова М. А. [17]. Необходимость разработки новых методов оценки определена коллективом российских ученых под руководством Федотовой М. А., Тазихиной Т. В. [18]. Вопросы оптимизации управления представлены в теоретических исследованиях Филькина М. Е. [19]. Факторы феномена «смещения целей и функций» социальноэкономических систем описаны в работах Щепетовой С. Е. [20]. Российские ученыеэкономисты определяют необходимость развития механизмов поддержки регионов в условиях санкционных ограничений. Доктором технических наук Судовым Е. В. представлены принципы, методы, модели и технологии интегрированной информационной поддержки жизненного цикла сложных наукоемких изделий машиностроения, составляющие существо концепции, получившей название CALS [21].

Актуальность разработки механизма информационной поддержки отраслевого предприятия связана с необходимостью своевременного обеспечения конкурентоспособности отраслевой наукоемкой продукции на международном экспортном рынке. Механизм информационной поддержки отраслевых предприятий оборонно-промышленного комплекса в условиях санкционных ограничений включает возможность/необходимость разработки паспорта нового образца. Идея разработки паспорта ИЛП, на первом этапе согласования, получает поддержку, официально выносится на обсуждение предложение о необходимости разработки паспорта ИЛП в Технический комитет ТК 482 «Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного значения». Данная разработка будет иметь длительный характер обсуждений.

Паспорт ИЛП позволяет определить/понять «генетическую структуру» изделия. Без раскрытия данных НИОКР, в паспорт ИЛП имеется возможность добавлять такие наборы технических характеристик и экономических показателей, которые дают возможность определить длительность жизненного цикла изделия. Рекомендуемыми наборами данных технических характеристик ИЛП являются:

- ремонтопригодность (вероятность, трудоемкость, интенсивность восстановления изделия);
- восстанавливаемость (способность изделия восстанавливать начальные значения параметров в результате устранения отказов и неисправностей, а также восстанавливать технический ресурс в результате проведенных ремонтов);
- долговечность (свойство системы длительно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния).

Возможно, целесообразно включить в паспорт ИЛП значения экономических показателей:

- 1) эксплуатационно-экономической эффективности (ЭЭЭ) технической эксплуатации изделия в зарубежной стране;
- 2) показатель финансово-экономической эффективности (ФЭЭ);
- 3) показатель социально-экономической значимости приобретения.

Показатель ЭЭЭ описывает меру совершенства: конструкции изделия, системы его тактико-технических характеристик; стоимости владения. Финансово-экономическая эффективность рассматривает формы инвестирования. Показатель социально-экономической значимости показыает комплексный учет экономических и социальных последствий (улучшений) в результате приобретения изделия.

- **Выводы.** 1. Отраслевой производитель наукоемкой продукции может самостоятельно регулировать наборы эксплуатационно-технических характеристик ИЛП и экономических показателей в паспорте нового образца.
- 2. В условиях новой экономической реальности, обусловленной происходящими изменениями, автором разработаны мероприятия по интегрированной логистической поддержке экспорта наукоемкой продукции, в которые, в том числе, входит предложение по разработке паспорта ИЛП.
- 3. Предложен механизм информационной поддержки отраслевого производителя наукоемкой продукции в условиях санкционных ограничений, который представлен совокупностью методов, схем управления, системой поддержки принятия решений и применением паспорта нового вида (паспорт ИЛП). В паспорт ИЛП предлагается вносить такие данные, которые характеризуют длительный жизненный цикл наукоемкой продукции, например: технические характеристики (ремонтопригодность, восстанавливаемость, долговечность), экономические показатели (эксплуатационноэкономической эффективности технической эксплуатации, финансово-экономической эффективности, социально-экономической значимости) и др.
- 4. Основная идея, предложенная автором, заключается в необходимости разработки паспорта нового вида. Предлагается включить такой наборов технических характеристик и экономических показателей в паспорт нового вида, который определяет длительность периода эксплуатации изделия на объектах зарубежного заказчика, что является неоспоримым преимуществом в сравнительной характеристике российских и зарубежных производителей.
- 5. Представленная зарубежному заказчику документация в виде паспорта нового



образца, добавит дополнительный «плюс» в принятие решения о необходимости приобретения наукоемкой продукции у российского производителя. Для зарубежного заказчика, стоимость приобретения наукоемкого изделия очень высока. Стоимость приобретения определяется степенью наукоемкости продукции. Общий подход к разработке номенклатуры ЭТХ ИЛП представлен требованиями национальных стандартов ИЛП, представленных перечнем [12].

6. Исследование автора направлено на повышение конкурентоспособности отечественной наукоемкой продукции за счет применения системного моделирования к процессу интеграционно-логистического обеспечения ее экспорта.

### Список литературы

- 1. Приказ Министерства обороны РФ от 19 апреля 2022 г. № 234 «Об установлении порядка утверждения экспортной комплектации, тактико-технических характеристик продукции военного назначения и согласования объема информации о ней, сообщаемой иностранным заказчикам» // Контур Норматив URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=421317.
- 2. Рекомендации по оформлению паспорта экспортного облика и рекламного паспорта // Судебные и нормативные акты РФ. URL: https://sudact.ru/law/prikaz-ministra-oborony-rf-ot-25052008-n\_1/prilozhenie/prilozhenie-n-1/rekomendatsii-po-oformleniiu-pasporta-eksportnogo/.
- 3. Методические указания по разработке и представлению на утверждение паспортов экспортного облика и согласование рекламных паспортов на продукцию военного назначения (утв. Федеральной службой по военно-техническому сотрудничеству 15 августа 2022 г.) // ГАРАНТ. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405140129/информационно-правовой.

- 4. Указ № 1061 от 10.09.2005. Вопросы военно-технического сотрудничества Российской Федерации с иностранными государствами // Президент России. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/22843.
- 5. Веретехина С. В. Вычислительный эксперимент на основе алгоритма имитационной модели управления принятием решения о возможности экспорта наукоемкого изделия // Инновации и инвестиции. 2023. Т. 7. С. 285–290.
- 6. Веретехина С. В. Выявление факторов управления стоимостью интегрированной логистической поддержки ситуационной модели экспорта // Инновации и инвестиции. 2023. Т. 7. С. 279–284.
- 7. Судов Е. В., Левин А. И., Петров А. В., Чубарова Е. В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро». 2006. 232 с.
- 8. *Веретехина С. В.* Разработка и оценка имитационной модели управления экспортом квалиметрическим методом патентной чистоты // Экономика строительства. 2023. № 8. С. 52–58.
- 9. Шилина А. В., Оглезнева А. Н. Комплексный анализ. Задачи и упражнения: уч. пособ. «Математика», «Механика и математическое моделирование». Пермский государственный национальный исследовательский институт. 2019. 106 с.
- 10. *Морковкин Д. Е.* Создание интегрированного логистического обеспечения транспортно-логистической системы обеспечения безопасности и устойчивого развития социально-экономического развития // Транспортное право и безопасность. 2018. № 4 (28). С. 83–92.
- 11. Галкина О., Рындин А., Рябенький Л. и др. Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла // CADmaster. 2007. С. 48–51.
- 12. *Перечень* стандартов: Интегрированная логистическая поддержка. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции // Системы автоматизации производства и интеграция URL: https://cals.ru/ndocs.

ОМД

- 13. *Бахтизин А. Р.* Вопросы прогнозирования в современных условиях // Экономические возрождение России. 2023. № 3 (76). С. 53–62.
- 14. *Машкова А. Л. Бахтизин А. Р.* Анализ отраслевой структуры и динамики товарообмена между Россией, Китаем, США и Европейским союзом в условиях торговых ограничений // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2023. Т. 16 (3). С. 54—80.
- 15. *Клейнер Г. Б.* Системная парадигма как теоретическая основа стратегического управления экономикой в современных условиях // Управленческие науки. 2023. № 13 (1). С. 6–19.
- 16. *Прокофьев С. Е.* Финансовый университет: подходы к трансформации в новых реалиях // Финансы. 2022. Т. 8. С. 46–51.
- 17. Эскиндаров М. А., Грузина Ю. М., Харчилава Х. П., Мельничук М. В. Роль человеческого потенциала в цифровой экономике на институциональном и региональном уровне // Экономика региона. 2022. Т. 18 (4). С.1105–1120.
- 18. Федотова М. А. Тазихина Т. В. Роль социально-экономических факторов в формировании стоимости компании // Проблемы экономики и юридической практики. 2022. Т. 18 (1). С. 180–184.
- 19. Филькин М. Е. Решение задач логистики и оптимизации управления цепочками поставок с помощью технологии блокчейна // Экономика и управление: проблемы и решения. 2021. Т. 2. N 8 (116). С. 53–60.
- 20. *Щепетова С. Е.* Качество жизни: о факторах феномена «смещения целей и функций» социально-экономических систем // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. № 06–3. С. 257.
- 21. *Судов Е. В.* Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции: Принципы. Технологии. Методы. Модели. М.: МВМ. 2003. 263 с.

### References

1. Ob ustanovlenii porjadka utverzhdenija jeksportnoj komplektacii, taktiko-tehnicheskih harakteristik produkcii voennogo naznachenija i soglasovanija ob#ema informacii o nej,

- soobshhaemoj inostrannym zakazchikam [On establishing the procedure for approving export equipment, tactical and technical characteristics of military products and coordinating the volume of information about it reported to foreign customers]. Order of the Ministry of Defense of the Russian Federation dated April 19, 2022 no. 234, Kontur Standard, available at: https:// normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=421317.
- 2. Rekomendacii po oformleniju pasporta jeksportnogo oblika i reklamnogo pasporta [Recommendations for issuing an export passport and an advertising passport]. Judicial and regulatory acts of the Russian Federation, available at: https://sudact.ru/law/prikaz-ministra-oborony-rf-ot-25052008-n\_1/prilozhenie/prilozhenie-n-1/rekomendatsii-po-oformleniiu-pasporta-eksportnogo/.
- 3. Metodicheskie ukazanija po razrabotke i predstavleniju na utverzhdenie pasportov jeksportnogo oblika i soglasovanie reklamnyh pasportov na produkciju voennogo naznachenija [Guidelines for the development and submission for approval of export passports and approval of advertising passports for military products (approved by the Federal Service for Military-Technical Cooperation on August 15, 2022)]. GARANT, available at: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405140129/information and legal.
- 4. Voprosy voenno-tehnicheskogo sotrudnichestva Rossijskoj Federacii s inostrannymi gosudarstvami [Issues of militarytechnical cooperation of the Russian Federation with foreign states]. Decree no. 1061 of September 10, 2005, President of Russia, available at: http://www.kremlin.ru/acts/bank/22843.
- 5. Veretekhina S. V. Computational experiment based on an algorithm for a simulation model of decision-making control on the possibility of exporting a high-tech product. *Innovations and investments*, 2023, vol. 7, pp. 285–290.
- 6. Veretekhina S. V. Identification of factors for managing the cost of integrated logistics support for a situational model of export. *Innovations and investments*, 2023, vol. 7, pp. 279–284.



- 7. Sudov E. V., Levin A. I., Petrov A. V., Chubarova E. V. *Tehnologii integrirovannoj logisticheskoj podderzhki izdelij mashinostroenija* [Technologies for integrated logistics support for mechanical engineering products]. Moscow, InformBuro, 2006, 232 p.
- 8. Veretekhina S. V. Development and evaluation of a simulation model for export management using the qualimetric method of patent purity. *Construction Economics*, 2023, no. 8, pp. 52–58.
- 9. Shilina A. V., Oglezneva A. N. *Kompleksnyj analiz. Zadachi i uprazhnenija* [Complex analysis. Tasks and exercises: allowance «Mathematics», «Mechanics and mathematical modeling»]. Perm State National Research Institute, 2019, 106 p.
- 10. Morkovkin D. E. Creation of integrated logistics support for the transport and logistics system for ensuring safety and sustainable development of socio-economic development. *Transport Law and Security*, 2018, no. 4 (28), pp. 83–92.
- 11. Galkina O., Ryndin A., Ryabenkiy L. et al. Electronic information model of shipbuilding products at various stages of the life cycle // *CADmaster*, 2007, pp. 48–51.
- 12. List of standards: Integrated logistics support. Information technologies for supporting the life cycle of products. *Production automation systems and integration*, available at: https://cals.ru/ndocs.
- 13. Bakhtizin A. R. Forecasting issues in modern conditions. *Economic revival of Russia*, 2023, no. 3 (76), pp. 53–62.
- 14. Mashkova A. L. Bakhtizin A. R. Analysis of the industry structure and dynamics of trade between Russia, China, the USA and the European

- Union in the context of trade restrictions. *Economic* and social changes: facts, trends, forecast, 2023, vol. 16 (3), pp. 54–80.
- 15. Kleiner G. B. System paradigm as a theoretical basis for strategic economic management in modern conditions. *Management Sciences*, 2023, no. 13 (1), pp. 6–19.
- 16. Prokofiev S. E. Financial University: approaches to transformation in new realities. *Finance*, 2022, vol. 8, pp. 46–51.
- 17. Eskindarov M. A., Gruzina Yu. M., Kharchilava Kh. P., Melnichuk M. V. The role of human potential in the digital economy at the institutional and regional level. *Regional Economics*, 2022, vol. 18 (4), pp.1105–1120.
- 18. Fedotova M. A. Tazikhina T. V. The role of socio-economic factors in the formation of a company's value. *Problems of economics and legal practice*, 2022, vol. 18 (1), pp. 180–184.
- 19. Filkin M. E. Solving problems of logistics and optimization of supply chain management using blockchain technology. *Economics and management: problems and solutions*, 2021, vol. 2, no. 8 (116), pp. 53–60.
- 20. Shchepetova S. E. Quality of life: on the factors of the phenomenon of «displacement of goals and functions» of socio-economic systems. *Economics and management: problems, solutions*, 2017, no. 06–3, pp. 257.
- 21. Sudov E. V. *Integrirovannajainformacionnaja* podderzhka zhiznennogo cikla mashinostroitel'noj produkcii: Principy. Tehnologii. Metody. Modeli [Integrated information support for the life cycle of engineering products: Principles. Technologies. Methods. Models]. Moscow, MVM, 2003, 263 p.

### Уважаемые подписчики!

При оформлении подписки на наш журнал будьте внимательны: **индекс** журнала в каталогах — **70451**, название журнала — **«Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.



### ИСПЫТАНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬ

УДК 332.1:519.81:517

С. В. ВЕРЕТЕХИНА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: Veretehinas@mail.ru

S. V. Veretekhina (Moscow Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

# Непараметрический метод эконометрического моделирования на основе показателя поддерживаемости, который выступает «экономическим барометром» планируемой нормы прибыли

# Nonparametric method of econometric modeling based on the maintenance index, which acts as an «economic barometer» of the planned rate of return

В статье приведены данные технико-экономического моделирования. Предложен непараметрический метод вычисления значения планируемой нормы прибыли. Проведен вычислительный эксперимент. Показатель поддерживаемости выступает «экономическим барометром» и «сигнальным маячком», ограничивающим значение планируемой нормы прибыли. Показатель поддерживаемости является отношением коэффициента готовности к затратам на запасы. Проведение эконометрического моделирования с использованием данного показателя дает возможность рекомендовать значение планируемой нормы прибыли, которое является основополагающим в разработке технико-экономического предложения российского поставщика услуг на примере экспорта наукоемкого изделия в зарубежную страну.

The article presents the data of technical and economic modeling. The author proposed a nonparametric method for calculating the value of the planned rate of return. A computational experiment was carried out. The maintenance indicator acts as an «economic barometer» and a «signal beacon» that limits the value of the planned rate of return. The maintainability indicator is the ratio of the readiness coefficient to inventory costs. Carrying out econometric modeling, using the maintenance indicator, makes it possible to recommend the value of the planned profit margin, which is fundamental in the development of a technical and economic proposal of a Russian service provider, using the example of exporting a knowledge-intensive product to a foreign country.



**Ключевые слова:** экспортный рынок; интегрированная логистическая поддержка; непараметрический метод; показатель поддерживаемости; планируемая норма прибыли.

**Keywords:** export market; integrated logistics support; nonparametric method; maintenance index; planned profit margin.

Эффективность послепродажного служивания экспортируемой наукоемкой продукции обеспечивается комплексом мероприятий по интегрированной логистической поддержке (ИЛП) технической эксплуатации. Перед выводом наукоемкой продукции на экспортный рынок, российский производитель и зарубежный заказчик согласовывают технические характеристики, экономические показатели, стоимость интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации. Основные функции изделия - это его тактико-технические характеристики. Экспорт наукоемкой продукции в зарубежные страны рассматривается в случае применения российским производителем технологии *CALS*/ИПИ – информационной поддержки изделия на длительном жизненном цикле [1]. Требования организации ИЛП описаны серией стандартов [2]. Для наукоемкой продукции стоимость интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации заметно превышает стоимость изделия на международном экспортном рынке. Данное понятие охватывает комплекс процессов, к которым относится согласование с зарубежным заказчиком технических характеристик, экономических показателей, стоимости затрат поддержания изделия в работоспособном состоянии. Номенклатура показателей эксплуатационно-технических характеристик описывает жизнеспособность изделия послепродажного обслуживания. Периодами послепродажного обслуживания являются: эксплуатация, гарантийное, послегарантийное обслуживание и ремонт.

Актуальность разработки комплекса мероприятия ИЛП обусловлена происходящими политическими и социальными изменениями, санкциями, финансовыми и экспортными ограничениям, которые проводят страны в отношении России. В сложившейся ситуации, проведение технико-экономического анализа является составной частью комплекса мероприятий ИЛП. В данном исследовании анализируемым параметром является планируемая норма прибыли и движение денежного потока при установленном коэффициенте готовности. Для проведения вычислительного эксперимента, в систему технико-экономического моделирования, вносятся уточненные данные. Моделирование проводится при четкой локации изделия в зарубежной стране (Иран). Возможность экспорта в Иран определена квалиметрическим методом патентной чистоты [3].

По результатам технико-экономического моделирования разрабатывается техникоэкономическое предложение поставщика услуг (ТЭП). На титульном листе ТЭП указываются значения технических характеристик, экономических показателей, стоимости затрат. Основной целью вычислительного эксперимента выявляется определение допустимой планируемой нормы прибыли, при установленном зарубежным заказчиком коэффициенте готовности. Требуется найти/определить «экономический барометр», который выступит «сигнальным маячком» ограничивающим планируемую норму прибыли. Таким сигнальным маячком является показатель поддерживаемости. Предложен математический инструментарий определения показателя поддерживаемости. Определено его влияние на значение планируемой нормы прибыли через вероятность безотказной работы. Автором разработан математический инструментарий расчета показателя поддерживаемости, определено его косвенное влияние на планируемую норму прибыли.

В разделе материалы и методы описаны модель, метод, алгоритм, который выступают априорными данными. По результатам вычислительного эксперимента оформлен проект технико-экономического предложения, результаты которого сохранены в базу данных. Проект имеет регистрационный номер 13-19-15, с указанием версии программы 1.4.а.15800 и даты формирования отчета 14.09.2023 (см. рис. 1).

### Априорные данные

Цель данной работы – определение допустимой планируемой нормы прибыли при установленном значении коэффициента готовности. Вычислительный эксперимент представлен результатами технико-экономического моделирования. Для проведения вычислительного эксперимента, использу-

ются разработанные ранее данные, к которым относятся: алгоритм имитационного моделирования, система поддержки принятия решения (СППР) на основе цифрового двойника изделия. Итерационный алгоритм, блок-схемы алгоритма, циклы анализа представлены в публикациях [4, 5]. Информационная модель цифрового двойника изделия (ЦДИ) представлена на рис. 2.

Для проведения вычислительных экспериментов, автором апробирован подход группового учета входных изменяемых основных и вспомогательных параметров, который дает возможность избежать лишних затрат. Основным изменяемым входным параметром в настоящем эксперименте является планируемая норма прибыли. Неизменяемыми входными параметрами остаются: состав изделия с разукрупнением составных частей; логистическая структура; структурная и функциональная схемы изделия; анализ деревьев отказов; адаптированная по уровню унификации стоимость составных частей изделия; данные квалификационного справочника перечня должностей инже-



Рис 1. Титульный лист проекта технико-экономического предложения поставщика услуг «Проект 13-19-15»

ОМД

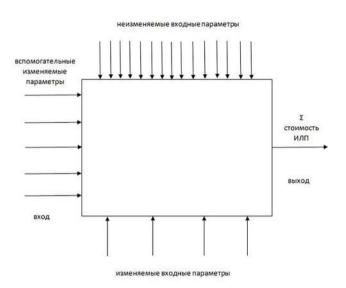


Рис. 2. Информационная модель цифрового двойника

нерно-технических работников; сценарий материально-технического обеспечения.

Для проведения настоящего вычислительного эксперимента «Проект 13-19-15» в систему технико-экономического моделирования внесены уточненные данные, к которым относятся: размещение технический инфраструктуры на территории зарубежного заказчика (Иран). Квалиметрическим методом патентной чистоты выявлена группа стран Ближнего Востока, в которые экспорт возможен/рекомендован. Результаты моделирования патентной чистоты изделия проведены при согласованных с отраслевым производителем численных значениях:

- 1) коэффициента весомости  $(A_1, A_2)$ ;
- 2) количества составных частей изделия основной/вспомогательной групп значимости  $(N_1, N_2)$ .

Высокая точность значений коэффициентов весомости, составных частей изделия основной и вспомогательной групп значимости, попадающих под действие патентов по вариантам, позволяет определить порядок распределения стран Ближнего Востока по патентной чистоте (см. рис. 3). Высокую точность априорных данных отраслевой производитель наукоемкой продукции обе-



Рис 3. Лепестковая диаграммы патентной чистоты

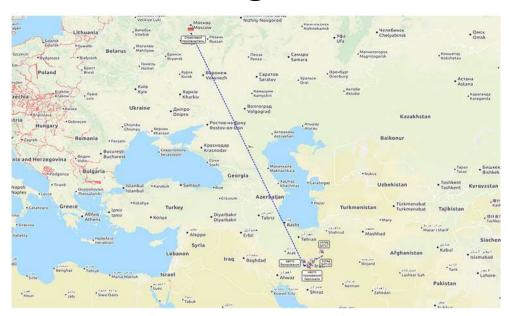
спечивает посредством их извлечения из классификаторов и отраслевой базы знаний (Big Science). Применение квалиметрического метода оценки патентной чистоты представлено исследованием [3].

Патентная чистота определяется отраслевым предприятием в отношении конкретных стран. Согласно численным значениям патентной чистоты, на диаграмме распределены страны, в которые экспорт российской наукоемкой продукции рассматривается. Относительно Ирана проводится вычислительный эксперимент. Основной его задачей является выявление значения планируемой нормы прибыли при установленном коэффициенте готовности. Для проведения вычислительного эксперимента в программный комплекс вводятся уточняющие значения, к которым относятся GIS-локация (см. рис. 4):

- изделия в зарубежной стране;
- складов запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП);
- мест проживания технического персона.

#### Постановка задачи

Все пересланные выше данные, являются априорными данными для проведения вычислительного эксперимента. Основной целью является выявление планируемой нормы прибыли при установленном значении коэффициента готовности.



ОМД

Рис 4. Размещение технической инфраструктуры на территории зарубежной страны

Таблица I Изменение суммарных затрат на техническую эксплуатацию и росте  $K_{\rm sr}$  за счет увеличения объемов запасов

№ расчета	$K_{\scriptscriptstyle{\Pi\Pi}}$	$K_{\scriptscriptstyle \Gamma}$	$K_{\scriptscriptstyle{\Gamma MTO}}$	$K_{ig}$	Суммарные затраты, тыс. руб.	Затраты на 1 изделие в год, тыс. руб.
1	1,00	1,00	0,80	0,80	36 856	3 685 596
2	1,00	1,00	0,85	0,85	37 803	3 780 296
3	1,00	1,00	0,90	0,90	38 503	3 850 296

Планируемая норма прибыли рассматривается для вариантов: 1, 15, 20, 25 %. Как показывает вычислительный эксперимент, изменение параметра «планируемая норма прибыли» влечет за собой изменение объемов запасов.

Из табл. 1 видно, что увеличение значения коэффициента эксплуатационной готовности ( $K_{\text{эг}}$ ) влияет на суммарные затраты технической эксплуатации (ТЭ). Российский производитель планирует увеличение запасов, которое включает добавление к комплектам одиночного и группового ЗИП, дополнительно, базового комплекта, включающего: специальное оборудование по тестированию блоков программного управления, дополнительные блоки бесперебойного питания и генераторы, смазочные материалы и другое. Управление запасами контролируется отраслевым производителем с использованием принципа

Деминга-Шухарта. Методология управления запасами по данному циклу представлена алгоритмом действий руководителя по управлению запасами и достижению основных целей: планирование запасов (*Plan*), выполнение запланированных работ (*Do*), проверка эффективности решений (*Check*), воздействие/корректировка (*Act*). Методология управления запасами *PDCA* входит в систему менеджмента качества отраслевого предприятия.

В табл. 2 показана детализация затрат на техническое обслуживание, с разбиением по статьям расходов. При увеличении  $K_{\text{эг}}$  увеличиваются затраты на оборотные фонты. Затраты на закупку оборудования, на проведение планового ТО и ремонт (МТО) остаются неизменяемыми. Увеличение оборотных фондов направлено на формирование начального запаса. Оборотные фонды делятся на три типа: производство,

2023. № 8



Таблииа 2 Изменение затрат на ТЭ (по статьям затрат) при росте  $K_{\rm sr}$  за счет увеличения объемов запасов

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

№ расчета	K <sub>mn</sub>	$K_{\scriptscriptstyle \Gamma}$	$K_{\scriptscriptstyle{ ext{FMTO}}}$	$K_{\scriptscriptstyle \mathrm{9\Gamma}}$	Затраты на закупку оборудования, тыс. руб.	Затраты на оборотный фонд (начальный запас), тыс. руб.	Затраты на плановое ТОиР, тыс. руб.	Затраты на текущий ремонт (МТО), тыс. руб.
1	1,00	1,00	0,80	0,80	12	4 534	4 302	28 008
2	1,00	1,00	0,85	0,85	12	5 481	4 302	28 008
3	1,00	1,00	0,90	0,90	12	6 181	4 302	28 008

Таблица 3 Изменение затрат на МТО при росте  $K_{37}$  за счет увеличения объемов запасов

№ расчета	K <sub>nn</sub>	$K_{\scriptscriptstyle \Gamma}$	$K_{\scriptscriptstyle{ ext{FMTO}}}$	$K_{2\Gamma}$	Суммарные затраты на МТО, тыс. руб.	Затраты на 1 изделие в год, тыс. руб.
1	1,00	1,00	0,80	0,80	32 542	3 254 200
2	1,00	1,00	0,85	0,85	33 489	3 348 900
3	1,00	1,00	0,90	0,90	34 189	3 418 900

Таблица 4 Изменение затрат на инфраструктуру и TOuP при росте  $K_{sr}$  за счет увеличения объемов запасов

№ расчета	$K_{\scriptscriptstyle  ext{ m 9F}}$	Суммарные затраты на инфраструктуру и ТОиР, тыс. руб.	Затраты на 1 изделие в год, тыс. руб.
1	0,80	4 314	431 396
2	0,85	4 314	431 396
3	0,90	4 314	431 396

незавершенное производство и расходы будущих периодов. Увеличение оборотных фондов относится к расходам будущих периодов. По своей экономической природе, оборотные фонды – это денежные средства, авансированные в фонды обращения для обеспечения бесперебойной работы в части управления стоимостью запасов.

Из табл. 3 видно, что при увеличении  $K_{2r}$ растут суммарные затраты на МТО и техническое обслуживание в расчете на один год. Каждый параметр МТО характеризуется временным интервалом, на временном интервале обеспечивается требуемое значение коэффициента готовности. Для исключения рисков отсутствия требуемых

элементов к замене, дополнительно, формируется «страховой запас».

В табл. 4 показано, что при увеличении  $K_{\rm эг}$  с 0,8 до 0,9 с шагом 0,5 затраты на инфраструктуру, техническое обслуживание и ремонт, остаются неизменяемыми. Объемы запасов включают ранее сформированные запасы: «первичный запас», запас комплектов одиночного и группового ЗИП, базовый комплект ЗИП, «страховой запас». Слишком малая выборка, чтобы увидеть закон распределения.

На рис. 5 отображены суммарные затраты с распределением по статьям расходов. Значимые затраты на: текущий ремонт (МТО), плановое ТОиР, оборотные фонды. Затраты на транспортирование изделия из

ОМД

проекта удалены, так как транспортирование изделия осуществляется по правилам международной торговли Инкотермс 2023, оформляются контактом внешнеторговой деятельности, который разработан и представлен в исследовании автора. Стоимость транспортирования экспортируемого изделия, формируется методикой расчетов транспортирования изделия только морским или речным видами транспорта, а также автомобильным по дорогам с высоким качеством дорожного полотна. В стоимость транспортирования включены риски, которые связаны с распределением ответственности между зарубежным заказчиком и российским производителем при передаче изделия с этапа на этап, риски прописаны в положениях внешнеторгового контракта.

По результатам моделирования, формируется технико-экономическое предложение (ТЭП). На титульном листе ТЭП (см. рис. 1) указываются значения:

- 1) выбранный уровень материально-технической базы;
  - 2) стоимость нормо-часа работ;
  - 3) гарантийный срок (10 лет);
  - 4) планируемая норма прибыли (10 %);
- 5) общая наработка на отказ изделия (ч/год);
  - 6) рентабельность (10 %);

- 7) сроки амортизации зданий и сооружений (20 лет);
- 8) сроки амортизации оборудования (10 лет);
  - 9) структура цены услуг.

Как указано выше, определены неизменяемые и изменяемые основные/вспомогательные параметры. Неизменяемыми входными параметрами остаются: состав изделия с разукрупнением составных частей; логистическая структура; структурная и функциональная схемы изделия; анализ деревьев отказов; адаптированная по уровню унификации стоимость составных частей изделия; данные квалификационного справочника перечня должностей инженерно-технических работников; сценарий материально-технического обеспечения. К основным изменяемым параметрам добавляется планируемая норма прибыли. Анализируемым параметром является планируемая норма прибыли и движение денежного потока при установленном коэффициенте готовности. Имея сформированный набор данных технико-экономического анализа, имеется возможность перейти к анализу денежного потока для вариантов изменений планируемой нормы прибыли с шагом 5 %. На точечной диаграмме отображены: по оси У отображается планируемая

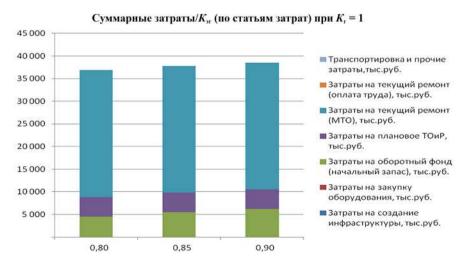


Рис. 5. График суммарных затрат с распределением по статьям расходов

норма прибыли и график денежного потока по годам для четырех вариантов значений планируемой нормы прибыли (см. рис. 6).

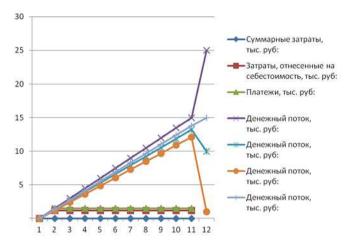


Рис. 6. График движения денежного потока по вариантам планируемой нормы прибыли

Среди существующих видов денежных потоков, классифицируемых международными стандартами учета, различают денежные потоки: по операционной, инвестиционной и финансовой деятельности. По стабильности временных интервалов рассматривается равномерный период, по годам (10 лет). Сущность значения денежных потоков хозяйствующих субъектов описана в работах Б. Коласа, А. Н. Азриляна, И. Т. Балабанова, С. Майерса, Р. Коха, Г. И. Хотинской. Эконометрика, как наука, рассматривает количественные и качественные изменения, их взаимосвязи с помощью статистических, математических методов и моделей. Эконометрика сегодня представлена параметрической И непараметрической эконометрикой. Возникновение эконометрики представлено в трудах Ф. Гальтона, К. Пирсона, Ф. Джуорта. Важным этапом в развитии эконометрики является принцип нахождения «экономического барометра», который становится предсказателем изменений и выступает «сигнальным маячком». Непараметрические методы являются прикладными методами. Существующие непараметрические методы основаны на поиске

двух основных характеристик: нотны (максимального отклонения статистических данных, вызванного интервальностью исходных данных) и рационального объема выборки. В отличие от уже существующих методов, автором предлагается не параметрический метод, где «экономическим барометром» выступает показатель поддерживаемости, а математический инструментарий его определения. Вычислительный эксперимент указывает на влияние коэффициента поддерживаемости на планируемую норму прибыли, выступает ограничителем, если планируемая норма прибыли завышается отечественным производителем.

Основной целью вычислительного эксперимента выявляется определение допустимой планируемой нормы прибыли, при установленном зарубежным заказчиком коэффициенте готовности. Требуется найти/определить «экономический барометр», который выступит «сигнальным маячком» ограничивающим планируемую норму прибыли. Таким сигнальным маячком является показатель поддерживаемости.

# **Базовые эмпирические результаты** (показатель поддерживаемости)

Показатель поддерживаемости, как частный случай конкурентоспособности, является обобщенным сравнительным показателем. охватывающим технические характеристики и затраты на техническую эксплуатацию, материально-техническое обслуживание (МТО) и техническое обслуживание и ремонт (TOuP) [6, 7]. Он определяет степень (меру), в которой сохраняются конструктивные свойства изделия, значения технических характеристик, экономических показателей и стоимость ИЛП, с соблюдением значения коэффициента готовности  $(K_r)$ , но при ограничении стоимости затрат. Показатель поддерживаемости представлен численной оценкой поддерживаемоОМД

сти, как функцией параметров надежности (безотказности), ремонтопригодности, эксплуатационно-ремонтной технологичности. Данный показатель зависит от технических и организационных факторов, к которым относятся:

- надежность (в технико-экономическом предложении, надежность изделия определяется численным значением общей наработки на отказ (ч/год);
- среднее время на восстановление и ре-MOHT.

Отклонение среднего времени на восстановление и ремонт, для экспортируемого наукоемкого изделия, описаны в исследовании автора и представлены регрессионным анализом зависимости тактико-технических характеристик и показателя эксплуатационно-экономической эффективности. Определены временные границы на ремонт составных частей изделия (30 мин) [8].

Показатель поддерживаемости S оценивается как отношение коэффициента готовности к затратам:

$$S = (K_{\rm r}/C_{\rm TOuP})T, \qquad (1)$$

где C – затраты на создание инфраструктуры, технического обслуживания и ремонта (ТОиР), материально-технического обслуживания (MTO); T – длительность периода планируемой эксплуатации изделия.

Период времени использования изделия, представим как сумму времени пребывания изделия в работоспособном состоянии  $T_p$  и времени запланированного простоя  $T_{\rm m}$ :

$$T = T_{\rm p} + T_{\rm mp}. \tag{2}$$

Время запланированного простоя складывается из времени затраченного на профилактическое работы  $T_{\mathrm{n}\phi}$ , времени на внеплановые работы и ремонт  $T_{\mbox{\tiny впр}}$  для случаев внезапных, незапланированных отказов или боевых повреждений:

$$T_{\rm np} = T_{\rm n\phi} + T_{\rm Bnp}. \tag{3}$$

Вынесем предположение, что при плановом техническом обслуживании вероятность случайных отказов мала, тогда  $T_{\text{впр}} << T_{\text{пф}}$ , следовательно  $T_{\text{пр}} = T_{\text{пф}}$ , т. е. время запланированного простоя приравнивается к времени профилактических работ.

Регулирующим значением времени примем величины:

т<sub>пр</sub> – период между профилактическими работами;

 $t_{\text{пф}}$  – средняя продолжительность профилактических работ, выполняемых в рамках технического обслуживания.

Тогда число плановых профилактических работ рассматривается за период как

$$N_{\rm nb} = T/\tau_{\rm np}. (4)$$

Следовательно, длительность простоев, связанных с профилактическими работами определяется по формуле:

$$T_{\mathsf{n}\phi} = N_{\mathsf{n}\phi} t_{\mathsf{n}\phi} = (T/\tau_{\mathsf{n}p}) t_{\mathsf{n}\phi}. \tag{5}$$

Значит

$$K_{\rm r} = 1 - t_{\rm nb} / \tau_{\rm np} . \tag{6}$$

Средние годовые затраты, представленные в табл. 1-4, включают проводимые профилактические и внеплановые работы по сценарию МТО технической эксплуатации наукоемкой продукции на объектах зарубежного заказчика, а также затраты, связанные со стоимостью запасов: «первичного запаса», запаса комплектов одиночного и группового ЗИП, базового комплекта ЗИП, «страхового запаса»:

$$C_{\text{ТОиР}} = C_{\Pi\Phi} + C_{\text{ВПР}} + C_{3\text{А}\Pi}. \tag{7}$$

С учетом принятого условия, что при обслуживании плановом техническом вероятность случайных отказов мала и  $T_{\text{впр}} << T_{\text{пф}}$ , тогда  $C_{\text{впр}} << C_{\text{пф}}$ , получается:

$$C_{\text{TOMP}} = C_{\Pi\Phi} + C_{3\text{A}\Pi}.$$
 (8)

Величина  $C_{\text{ТОиР}}$  зависит от числа обслуживаний компонентов (в цифровом двойнике изделия принято количество обслуживаемых технических систем N = 20). Дополнительным анализируемым параметром вводится  $\sigma_{np}$  — стоимость одного часа профилактических работ (1200 руб./ч). Тогда стоимость профилактических работ имеет вид:

КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

$$C_{\Pi\Phi} = \sigma_{\Pi p} t_{\Pi \Phi} (T/\tau_{\Pi p}). \tag{9}$$

Затраты, связанные с необходимостью хранения всех видов запасов, которые являются необходимыми для технического обслуживания экспортируемого наукоемкого изделия, определяются формулой:

$$C_{3\text{A}\Pi} = \sum_{i=1}^{N} \sigma_i M_i, \tag{10}$$

где  $M_i$  – число отказов i-го компонента;  $\sigma_i$  – стоимость приобретения, доставки и хранения i-го компонента.

Подставляя уравнение (10) в формулу (11), получаем:

$$C = \frac{\left(1 - \frac{t_{\text{n}\phi}}{\tau_{\text{n}p}}\right)T}{\sigma_{\text{n}p}t_{\text{n}\phi}\frac{T}{\tau_{\text{n}p}} + \sum_{i=1}^{N}\sigma_{i}M_{i}}.$$
(11)

Если обозначить соотношение  $(t_{\rm nd}/\tau_{\rm np})$  как  $\Omega$ , определим диапазон 0,01 <<  $\Omega$  << 0,5.

Согласно данным отраслевого классификатора:

$$\tau_{\rm np} = \frac{2}{\lambda} (1 - P_0), \tag{12}$$

где  $P_0$  – требуемая вероятность безотказной работы

Для анализа зависимости (11) разделим числитель и знаменатель на Т.

$$C = \frac{\left(1 - \frac{t_{\text{n}\phi}}{\tau_{\text{np}}}\right)}{\sigma_{\text{np}} \frac{t_{\text{n}\phi}}{\tau_{\text{np}}} + \sum_{i=1}^{N} \sigma_{i} M_{i}}.$$
(13)

Учитывая, что T увеличивается, то

$$\sum_{i=1}^{N} \sigma_i M_i \to 0. \tag{14}$$

Тогда показатель поддерживаемости S, где пуассоновский простейший поток отказов имеет параметр интенсивности λ отказов, имеет вид:

$$S = \frac{\left(1 - \frac{t_{\text{n}\phi}}{\tau_{\text{np}}}\right)}{\sigma_{\text{np}} \frac{t_{\text{n}\phi}}{\tau_{\text{np}}}}.$$
 (15)

Обозначим  $t_{\text{пф}}/\sigma_{\text{пр}} = Q$ , так как Q << 1, то имеем  $0.01 \le Q \le 0.5$  для  $\sigma = 1$ .

Проведеманализпоказателя поддерживаемости. Из формулы (15) видно, показатель Sубывает с ростом величины  $P_0$  (вероятность безотказной работы). Другими словами, отечественному производителю трудно обеспечивать высокий уровень технической эксплуатации при высоком значении показателя вероятности безотказной работы  $P_0$ . Если  $P_0 \rightarrow 1$  и  $\lambda$  (пуассоновский простейший поток отказов с параметром интенсивности λ) обозначен отраслевым производителем, как соотношение  $\tau_{\rm np} = 2/\lambda (1 - P_0)$ , то значение показателя поддерживаемости становится (0/0) неопределенным. Показатель поддерживаемости S > 0, то имеет смысл ввести обозначение для ( $t_{пф}\lambda$ ), как  $\theta_{пф}$ :

$$S = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{2(1 - P_0)}{t_{n\phi} \lambda} - 1 \right). \tag{16}$$

Получаем, неравенство:

$$P_0 < 1 - 0.5\theta_{\text{nd}}$$
 (17)

Другими словами, значение показателя поддерживаемости зависит от интенсивности отказов (надежности), заданной вероятности безотказной работы, от ремонтопригодности, которая определяется трудоемкостью обслуживания  $t_{n\phi}$ , а также от затрат, связанных с обслуживанием. Практическая применяемость показателя поддерживаемости, как и показателя конкурентоспособности, является величиной относительной.

Стоимость запасов, к которым относятся: «первичный запас», запас комплектов одиночного и группового ЗИП, базовый комплект ЗИП, «страховой запас», определены значениями таблиц 1-4. Для обеспечения высокого уровня технической эксплуатации на гарантийном периоде в 10 лет, ситуацию экспорта можно сравнить с поставкой наукоемкой изделия и такого же изделия, поставляемого в качестве запасных частей. Вычислительный эксперимент показывает, что при увеличение планируемой нормы прибыли значительно возрастают затраты на формирование запасов и оборотные фонды. «Экономическим барометром», который выступает «сигнальным маячком», ограничивающим планируемую прибыли, является показатель поддерживаемости, который оценивается как отношение коэффициента готовности к затратам на запасы. Результирующая формула (17) определяет, что вероятность безотказной работы будет меньше, чем 1–0,5  $(t_{пф}\lambda)$ , т. е. единица минус половина от произведения  $t_{\text{пф}}$  – средней продолжительности профилактических работ, выполнимых в рамках технического обслуживания умноженное на интенсивность отказов λ. При пуассоновском простейшем потоке отказов, параметр интенсивности λ отказов не велик, для изделия с высоким коэффициентом надежности!

Дополнительную проверку можно провести, применив соотношение: «глаза станции» смотрят 24 ч в сутки, коэффициент технической готовности дает возможность использовать запланированное время простоя 2,4 ч в сутки. Наукоемкое изделие имеет высокое значение коэффициента надежности, следовательно, интенсивность отказов очень мала, приравнивается к 0,02, согласно справочника отказов элементов [9]. Значение  $\lambda$  согласовано с отраслевым производителем, является относительной величиной. Показатель поддерживаемо-

сти выражен через вероятность безотказной работы. Таким образом, получается значение  $P_0 < 1-0.5 \cdot (2.4 \cdot 0.02) < 0.976$ .

В исследовании автора А. Е. Гриценко приводится анализ показателя поддерживаемости наукоемкой продукции на этапе ее эксплуатации для летальных аппаратов. Автором ставится задача оценки парка авиационной техники через среднее значение коэффициента исправности. Применяется метод псевдосостояний для определения запасов и пуассоновский поток отказов для изделий авиационный техники. Учет трудовых и финансовых затрат ведется для парка самолетов по всем видам технического обслуживания. Предлагается оценка чувствительности стоимости жизненного цикла парка изделий к различным параметрам, характеризующим показатель поддерживаемости [10]. Автор указывает, что моделирование проводится при ограниченных данных.

Для случая экспорта наукоемкой продукции, в системе поддержки принятия решения на основе цифрового двойника используются проработанные (уточненные) входные параметры. Именно с использованием уточненных значений входных параметров обеспечивается точность получаемых значений технико-экономического предложения российского поставщика услуг. Показатель поддерживаемости выступает «экономическим барометром», ограничивающий увеличение оборотных фондов и стоимости запасов. Нецелесообразно бесконечно увеличивать затраты на запасы, так как изделие характеризуется высокими значениями показателей: надежности, безотказности, эксплуатационно-ремонтной технологичности.

На титульном листе проекта технико-э-кономического предложения поставщика услуг «Проект 13-19-15» значение планируемой нормы прибыли указано 10 %. Возможно, что в реальной ситуации экспорта,

планируемая норма прибыли может принимать значения более 50 %, при этом расчетные значения стоимости запасов, в реальной жизни, могут и не соблюдаться. Расчетные технико-экономического системы моделирования позволяют производить любые вычисления. Точность вычислительного эксперимента обеспечена разработанными уточненными входными параметрами. Проэконометрического моделирования с использованием непараметрического метода на основе показателя поддерживаемости дает возможность определить/рекомендовать планируемую норму прибыли. Уникальная наукоемкая продукция радиолокации проектируется в единичных экземплярах. Отличительной особенностью экспортируемого наукоемкого изделия является длительный послепродажный период технического обслуживания. В отличие от подходов отраслевых организаций по внедрению технологии ИЛП для серийных изделий, автором используется уточненные параметры, которые заранее разработаны и представлены базовой системой показателей ИЛП.

# Обсуждение результатов

Актуальной проблемой экспорта является необходимость своевременного вывода уникальной наукоемкой продукции на международный рынок. Для отраслевых предприятий проблема повышения конкурентоспособности наукоемкой продукции на международном экспортном рынке остается одной из важнейших стратегических задач [11], [12]. Из-за сложных механизмов взаимодействия отраслевого производителя наукоемкой продукции на международном экспортном рынке, возникла необходимость разработки комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке [13]. За простой изделия, за любые временные задержки функционирования изделия, зарубежный заказчик выставляет

международные санкции, штрафная стоимость которых приравнивается к стоимости приобретения изделия. Продвижение наукоемкой продукции на международный рынок можно сравнить с конкурентной борьбой своевременного вывода изделия на международный рынок. Как показывает практика международной торговли, цена изделия не является доминирующей. Зарубежный заказчик выставляет требования к высокому уровню интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации наукоемкой продукции в зарубежной стране к стоимости. Для экспортируемой наукоемкой продукции интегрированная логистическая поддержка технической эксплуатации представляется набором технических, инженерных и организационных мероприятий, направленных на поддержание изделия в работоспособном/исправном состоянии [2]. Вопрос сложности вывода отраслевой наукоемкой продукции на международный экспортный рынок рассматривались в работах российских ученых [6, 7, 11, 12]. Российским ученым Бахтизиным А. Р. дается оценка влияния санкционных ограничений в количественном и отраслевом аспектах [14]. Основы стратегического управления экономикой в современных условиях представлены научными исследованиями Клейнера Г. Б. [15]. Подходы к трансформации в новых реалиях представлены в работах Прокофьева С. Е. [16]. Развитие цифровой экономики регионального уровня представлены работами коллектива российских ученых под руководством Эскиндарова М. А. [17, 18]. Необходимость разработки новых методов оценки определена коллективом российских ученых под руководством Федотовой М А., Тазихиной Т. В. [8]. Вопросы оптимизации управления представлены в теоретических исследованиях Филькина М. Е. [19]. Факторы феномена «смещения целей и функций» социально-экономических систем описаны в работах Щепетовой С. Е. [20]. Российские ученые-экономисты определяют необходимость развития математических методов и инструментов анализа. Доктором технических наук Судовым Е. В. представлена технология интегрированной информационной поддержки жизненного цикла сложных наукоемких изделий машиностроения [7].

**Выводы.** 1. Основная идея, предложенная автором, заключается в проведении эконометрического моделирования, с использованием непараметрического метода на основе показателя поддерживаемости для определения значения планируемой нормы прибыли.

- 2. Показатель поддерживаемости, как частный случай конкурентоспособности, является обобщенным сравнительным по-казателем, охватывающим технические характеристики, затраты на техническую эксплуатацию, материально-техническое обслуживание (МТО) и техническое обслуживание и ремонт (ТОиР).
- 3. В отличие от уже существующих непараметрических методов, автором предлагается непараметрический метод, где «экономическим барометром» выступает показатель поддерживаемости, математический инструментарий его определения и обоснование его влияния через вероятность безотказной работы. Показатель поддерживаемости оценивается как отношение коэффициента готовности к затратам на запасы.
- 4. Показатель поддерживаемости, как «экономический барометр», указывает на нецелесообразность увеличения оборотных фондов и суммарной стоимости запасов, поэтому значение планируемой нормы прибыли используется 10 %.
- 5. Представленная зарубежному заказчику документация, в виде «Проекта технико-экономического предложения поставщика услуг», обеспечивает чистоту и про-

зрачность технико-экономического моделирования. Уточненными (разработанными) значениями выступают:

- 1) GIS-локация: изделия в зарубежной стране; складов ЗИП, проживание персонала:
  - 3) значения технических характеристик;
  - 4) стоимость затрат (по видам);
  - 5) планируемая норма прибыли;
- 6) выбранный уровень материально-технического обеспечения;
- 7) стоимость нормо-часа работ (1200 руб/ч);
  - 8) гарантийный срок (10 лет);
  - 9) общая наработка на отказ (ч/год);
  - 10) рентабельность (10 %);
- 11) сроки амортизации зданий и сооружений (20 лет);
- 12) сроки амортизации оборудования (10 лет);
- 13) структура цены полного комплекта услуг.
- 6. Исследование автора направлено на повышение конкурентоспособности отечественной наукоемкой продукции за счет применения системного моделирования к процессу интеграционно-логистического обеспечения ее экспорта.

# Список литературы

- 1. Алексанян А. Р., Ицкович А. А., Файнбург И. А. Метод интегрированной логистической поддержки формирования процедур поддержания летной годности воздушных судов // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 22–27.
- 2. *Перечень* стандартов: Интегрированная логистическая поддержка. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции // Системы автоматизации производства и интеграция URL: https://cals.ru/ndocs.
- 3. *Веретехина С. В.* Разработка и оценка имитационной модели управления экспортом квалиметрическим методом патентной чистоты // Экономика строительства. 2023. № 8. С. 52–58.



- 4. Веретехина С. В. Вычислительный эксперимент на основе алгоритма имитационной модели управления принятием решения о возможности экспорта наукоемкого изделия // Инновации и инвестиции. 2023. Т. 7. С. 285–290.
- 5. Веретехина С. В. Регрессионный анализ зависимости тактико-технических характеристик и показателя эксплуатационно-экономической эффективности. Монография. Издательство ООО «Директ-Медиа». 2023. 72 с.
- 6. Судов Е. В., Левин А. И., Петров А. В., Чубарова Е. В. Технологии интегрированной погистической поддержки изделий машиностроения. М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро». 2006. 232 с.
- 7. *Судов Е. В.* Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции: Принципы. Технологии. Методы. Модели. М.: МВМ. 2003. 263 с.
- 8. Федотова М. А. Тазихина Т. В. Роль социально-экономических факторов в формировании стоимости компании // Проблемы экономики и юридической практики. 2022. Т. 18 (1). С. 180–184.
- 9. Глазачев А. Интенсивность отказов элементов справочник // Areliability.com. URL: https://areliability.com/intensivnost-otkazov-elementov-spravochnik/.
- 10. *Гриценко А. Е.* Анализ показателя поддерживаемости наукоемкой продукции на этапе ее эксплуатации: практические задания. URL: https://lab18.ipu.ru/projects/conf2006/4/2.htm.
- 11. *Морковкин Д. Е.* Создание интегрированного логистического обеспечения транспортно-логистической системы обеспечения безопасности и устойчивого развития социально-экономического развития // Транспортное право и безопасность. 2018. № 4 (28). С. 83–92.
- 12. Галкина О., Рындин А., Рябенький Л. и др. Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла // CADmaster. 2007. С. 48–51.
- 13. Шилина А. В., Оглезнева А. Н. Комплексный анализ. Задачи и упражнения: уч. пособ. «Математика», «Механика и математическое моделирование». Пермский государственный

- национальный исследовательский институт. 2019. 106 с.
- 14. *Бахтизин А. Р.* Вопросы прогнозирования в современных условиях // Экономические возрождение России. 2023. № 3 (76). С. 53–62.
- 15. *Клейнер Г. Б.* Системная парадигма как теоретическая основа стратегического управления экономикой в современных условиях // Управленческие науки. 2023. № 13 (1). С. 6–19.
- 16. *Прокофьев С. Е.* Финансовый университет: подходы к трансформации в новых реалиях // Финансы. 2022. Т. 8. С. 46–51.
- 17. Эскиндаров М. А., Грузина Ю. М., Харчилава Х. П., Мельничук М. В. Роль человеческого потенциала в цифровой экономике на институциональном и региональном уровне // Экономика региона. 2022. Т. 18 (4). С.1105–1120.
- 18. Машкова А. Л. Бахтизин А. Р. Анализ отраслевой структуры и динамики товарообмена между Россией, Китаем, США и Европейским союзом в условиях торговых ограничений // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2023. Т. 16 (3). С. 54–80.
- 19. Филькин М. Е. Решение задач логистики и оптимизации управления цепочками поставок с помощью технологии блокчейна // Экономика и управление: проблемы и решения. 2021. Т. 2. N 8 (116). С. 53–60.
- 20. Щепетова С. Е. Качество жизни: о факторах феномена «смещения целей и функций» социально-экономических систем // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. № 06–3. С. 257.

### References

- 1. Aleksanyan A. R., Itskovich A. A., Feinburg I. A. The method of integrated logistics support for the formation of procedures for maintaining the airworthiness of aircraft. *Civil Aviation High Technologies*, 2014, no. 205, pp. 22–27.
- 2. List of standards: Integrated logistics support. Information technologies for supporting the life cycle of products. *Production automation systems and integration*, available at: https://cals.ru/ndocs.

- 3. Veretekhina S. V. Development and evaluation of a simulation model for export management using the qualimetric method of patent purity. *Construction Economics*, 2023, no. 8, pp. 52–58.
- 4. Veretekhina S. V. Computational experiment based on an algorithm for a simulation model of decision-making control on the possibility of exporting a high-tech product. *Innovations and investments*, 2023, vol. 7, pp. 285–290.
- 5. Veretekhina S. V. Regressionnyj analiz zavisimosti taktiko-tehnicheskih harakteristik i pokazatelja ekspluatacionno-jekonomicheskoj effektivnosti [Regression analysis of the dependence of tactical and technical characteristics and the indicator of operational and economic efficiency]. Monograph. Publishing house LLC «Direct-Media», 2023, 72 p.
- 6. Sudov E. V., Levin A. I., Petrov A. V., Chubarova E. V. *Tehnologii integrirovannoj logisticheskoj podderzhki izdelij mashinostroenija* [Technologies for integrated logistics support for mechanical engineering products]. Moscow, InformBuro, 2006, 232 p.
- 7. Sudov E. V. *Integrirovannaja informacionnaja podderzhka zhiznennogo cikla mashinostroitel'noj produkcii: Principy. Tehnologii. Metody. Modeli* [Integrated information support for the life cycle of engineering products: Principles. Technologies. Methods. Models]. Moscow, MVM, 2003, 263 p.
- 8. Fedotova M. A. Tazikhina T. V. The role of socio-economic factors in the formation of a company's value. *Problems of economics and legal practice*, 2022, vol. 18 (1), pp. 180–184.
- 9. Glazachev A. Failure rate of elements reference book, available at: https://areliability.com/intensivnost-otkazov-elementov-spravochnik/.
- 10. Gritsenko A. E. Analiz pokazatelja podderzhivaemosti naukoemkoj produkcii na jetape ee jekspluatacii [Analysis of the indicator of support for high-tech products at the stage of its operation: practical tasks], available at: https://lab18.ipu.ru/projects/conf2006/4/2.htm.
- 11. Morkovkin D. E. Creation of integrated logistics support for the transport and logistics

- system for ensuring safety and sustainable development of socio-economic development. *Transport Law and Security*, 2018, no. 4 (28), pp. 83–92.
- 12. Galkina O., Ryndin A., Ryabenkiy L. et al. Electronic information model of shipbuilding products at various stages of the life cycle // *CADmaster*, 2007, pp. 48–51.
- 13. Shilina A. V., Oglezneva A. N. *Kompleksnyj analiz. Zadachi i uprazhnenija* [Complex analysis. Tasks and exercises: allowance «Mathematics», «Mechanics and mathematical modeling»]. Perm State National Research Institute, 2019, 106 p.
- 14. Bakhtizin A. R. Forecasting issues in modern conditions. *Economic revival of Russia*, 2023, no. 3 (76), pp. 53–62.
- 15. Kleiner G. B. System paradigm as a theoretical basis for strategic economic management in modern conditions. *Management Sciences*, 2023, no. 13 (1), pp. 6–19.
- 16. Prokofiev S. E. Financial University: approaches to transformation in new realities. *Finance*, 2022, vol. 8, pp. 46–51.
- 17. Eskindarov M. A., Gruzina Yu. M., Kharchilava Kh. P., Melnichuk M. V. The role of human potential in the digital economy at the institutional and regional level. *Regional Economics*, 2022, vol. 18 (4), pp. 1105–1120.
- 18. Mashkova A. L. Bakhtizin A. R. Analysis of the industry structure and dynamics of trade between Russia, China, the USA and the European Union in the context of trade restrictions. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*, 2023, vol. 16 (3), pp. 54–80.
- 19. Filkin M. E. Solving problems of logistics and optimization of supply chain management using blockchain technology. *Economics and management: problems and solutions*, 2021, vol. 2, no. 8 (116), pp. 53–60.
- 20. Shchepetova S. E. Quality of life: on the factors of the phenomenon of «displacement of goals and functions» of socio-economic systems. *Economics and management: problems, solutions*, 2017, no. 06–3, pp. 257.

# БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

УДК 614.8

Д. Е. ЗАВЬЯЛОВ, А. В. СКРИПКА, кандидаты техн. наук; Ш. А. ОСМАНОВ (Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург)

E-mail: Binbak19@mail.ru

D. E. Zavyalov, A. V. Skripka, S. A. Osmanov (Saint Petersburg State Fire Service University, Saint Petersburg)

# Причины возникновения аварийных ситуаций на нефтегазовых предприятиях

# Reasons for emergencies at oil and gas enterprises

Сегодняшние производственные комплексы, работающие в области добычи и обработки нефти и газа, являются многофункциональными системами, включающими в себя высокотехнологичное оборудование. Их основная задача — преобразование разнообразного углеводородного материала в конечную продукцию. При этом такие производственные комплексы характеризуются повышенным фактором риска возникновения аварийных ситуаций, поскольку используемые ресурсы являются взрывопожароопасными. Данные риски связаны не только с особенностями сырьевых ресурсов, но и со спецификой производственных процессов. В последнее время убытки от аварий в этой сфере заметно возрастают, а также существенно увеличивается число трагических последствий. Это обусловливает высокую актуальность разработки мер по устранению данных проблем, что предполагает проведение глубокого анализа причин возникновения аварийных ситуаций на нефтегазовых предприятиях.

Today's production complexes operating in the field of oil and gas production and processing are multifunctional systems that include high-tech equipment. Their main task is to convert a variety of hydrocarbon materials into final products. At the same time, such production complexes are characterized by an increased risk factor for emergency situations, since the resources used are fire and explosion hazardous. These risks are associated not only with the characteristics of raw materials, but also with the specifics of production processes. Recently, losses from accidents in this area have increased markedly, and the number of tragic consequences has also increased significantly. This makes it highly relevant to develop measures to eliminate these problems, which involves conducting an in-depth analysis of the causes of emergency situations at oil and gas enterprises.

**Ключевые слова:** аварийная ситуация; нефтегазовые предприятия; риск аварийной ситуации; причина аварийной ситуации; риск; пожар; взрыв; выброс; последствия; ущерб; снижение аварийности; снижение травматизма.

**Keywords:** emergency; oil and gas enterprises; emergency risk; cause of emergency; risk; fire; explosion; release; consequences; damage; accident reduction; injury reduction.

Объектом исследования выступают нефтегазовые предприятия, расположенные на территории Российской Федерации.

Важнейшая задача предприятий, функционирующих в нефтегазовой сфере, заключается в недопущении появления аварийных ситуаций. Авария может определяться как неисправность инфраструктуры или производственного оборудования на потенциально рискованных промышленных площадках.

Техногенные происшествия представляют инциденты, угрожающие безопасности человека, приводящие к утрате рабочих ресурсов и отрицательному экологическому воздействию. К числу главных факторов, способствующих появлению таких инцидентов, относят [1]:

- отступления от технологических норм;
- непредсказуемые природные явления;
- недочеты в проектировании рабочих процессов;
- недоработки при обслуживании оборудования;
- игнорирование базовых стандартов безопасности и прочее.

Нефтегазовые комплексы входят в список наиболее рискованных с точки зрения возникновения аварийных ситуаций и их последствий. Подобные инциденты могут привести к значительным финансовым потерям, поставив целый регион в режим экономической трагедии.

Текущие тенденции в индустрии связаны с увеличением применения высокоэнергетического оборудования и взрывопожароопасных ресурсов. Это особенно характерно для объектов нефтегазовой сферы, где преобладают интенсивные подходы и условия экстремальных температур и давлений. При этом финансовые риски от потенциальных инцидентов могут превысить экономиче-

ский потенциал компании. Таким образом, анализ потенциальных угроз в этой области остается в центре внимания вопросов организации производства.

Изучение темы показывает, что, несмотря на наличие большого количества информации, ее не всегда достаточно для выявления всех нюансов потенциально рискованных производственных ситуаций, связанных с возникновением аварийных ситуаций. Такое положение дел позволяет констатировать необходимость глубокого анализа характеристики всех особенностей инцидентов на промышленных объектах, работающих с нефтью и газом [2].

Цель данной работы — проведение комплексного анализа причин возникновения аварийных ситуаций на отечественных нефтегазовых предприятиях. Методы исследования — системный и сравнительный анализ, документальный метод, экономико-статистический метод, таблично-графические построения. Научная новизна состоит в систематизации и обобщении причин возникновения аварийных ситуаций на нефтегазовых предприятиях РФ с перспективой возможности использования результатов исследования при разработке мер по снижению аварийности и производственного травматизма.

Данные Ростехнадзора предоставляют статистические сведения о происшествиях в исследуемом секторе. В этом исследовании рассматриваются данные за 2018–2022 гг. с акцентом на основные технические и административные факторы, вызвавшие такие события (см. рисунок). За указанный период выявлено 212 инцидентов, к которым относятся [3]:

- 27 случаев возгорания;
- 39 инцидентов с утечкой горючих материалов;

- 36 разрушений зданий и сооружений;
- 75 повреждений различного оборудования:
- 35 неожиданных детонаций.

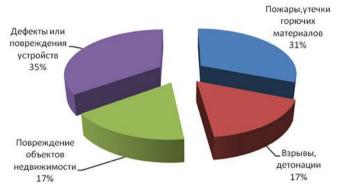


Рисунок. Итоговая статистика по инцидентам в нефтегазовой сфере за 2018–2022 гг.

В рамках обзора определены ключевые причины указанных происшествий. Они классифицируются на две категории (в скобках указано количество инцидентов) [4]:

- 1. Технические факторы:
- ухудшение или выход из строя устройств по причине воздействия коррозии (12);
- аварии из-за внешних физических факторов (35);
- происшествия из-за недостатков ремонтной деятельности (4);
- разгерметизация технических устройств (5);
- сбои в аппаратуре (7);
- 2. Организационно-административные факторы:
- недостаточно активное наблюдение за процессами (33);
- осуществление операций без предварительных разрешений (21);
- ошибки в организации ремонтных работ (4);
- ошибки в реализации работ, связанных с огнем (4);
- нехватка профессиональных навыков у сотрудников (5);

• пренебрежение нормами и правилами безопасности (3).

На основании анализа инцидентов замечено, что самих инцидентов становится меньше, но их финансовые последствия усиливаются. Кроме того, тенденция увеличения числа пострадавших говорит о том, что многие происшествия со временем приобретают более серьезные масштабы [5].

Отдельные виды причин в разрезе некоторых ключевых направлений деятельности нефтегазовых предприятиях представлены ниже.

- 1. В процессе добычи нефти методом фонтанирования:
  - проблема застревания некоторого оборудования, например, НКТ или пакеров, особенно в условиях высокой концентрации песка. Эффективным решением здесь может служить двойное трубное оборудование, которое обеспечивает регулярную циркуляцию жидкости, предотвращая образование песчаных преград. Чтобы минимизировать осадки солей внутри оборудования и на дне скважины, применяют специализированные чистящие составы;
  - избыточное фонтанирование, которое регулируют с помощью ручных или автоматизированных отсекающих устройств. Альтернативные методы включают применение наклонного бурения или контролируемого взрыва;
  - вопросы, связанные с накоплением парафина, решаются с помощью механической чистки, регулярного мониторинга и очистки оборудования, различных покрытий и химических средств;
  - проблемы, связанные с коррозией из-за присутствия сероводорода и углекислого го газа, решаются путем регулярного добавления антикоррозионных препаратов в скважины или использования специальных материалов, устойчивые к этому процессу.

- 2. В процессе механической добычи нефти (механический метод извлечения нефти, несмотря на его эффективность, сопряжен с рядом рисковых моментов. Это связано и с тем, что большинство скважин использует именно этот метод) [6]:
  - вероятность коррозионных повреждений подъемных труб и их износа из-за трения со штангами при использовании насосных установок. С течением времени это может привести к сокращению их надежности и последующим проблемам. Из-за непрерывного трения место соединения труб с планшайбой становится уязвимым. Неожиданные движения штанг могут усилить этот процесс. Особые трудности связаны с применением погружных электропомп. Среди наиболее распространенных неполадок можно выделить разрывы насосных труб, проблемы с кабелем, дефекты в соединительных частях компенсатора и насоса, неисправности в протекторных соединениях;
  - нестабильное колебание системы важный фактор, вызывающий проблемы с насосными трубами при работе с электроприводным центробежным насосом (ЭЦН). Это может привести к неожиданным сдвигам нижних частей трубного комплекта. В условиях агрессивной среды, например, при наличии сероводорода, данные негативные процессы ускоряются. Когда происходит обрыв, в скважину могут упасть различные компоненты, включая ЭЦН и кабель. Это является сложной проблемой. Элементы ЭЦН, соединенные фланцами, могут столкнуться с проблемами из-за ошибок при установке, коррозии и конструктивных особенностей соединительных деталей. Вмешательства при неисправностях с ЭЦН отличны от прочих ремонтных задач. Такие ремонты требуют

больше времени и ресурсов. Проведенные исследования позволяют констатировать, что основная часть проблем с ЭЦН (почти 90 %) продиктована наличием дефектов насосных труб и проводов. В зависимости от региона добычи для взаимодействия с проводами применяются разные инструменты. Чтобы достать сломанную деталь ЭЦН, такую как фланец или вал, используются специализированные устройства, многие из которых созданы на местных производствах. Для уменьшения вероятности разрывов труб ключевым является противостояние коррозии. Эффективным средством от коррозии в данном случае являются ингибиторы, добавляемые в скважину. Также помогает использование устойчивых к коррозии материалов. Чтобы снизить износ между трубами и штангами, целесообразно регулировать их длину при каждой технической проверке. Это позволяет переместить точку износа, удлиняя время службы конструкции. Для обеспечения надежности соединений и предотвращения дефектов труб важно использовать дополнительное оборудование при монтаже и демонтаже, включая устройства для снижения вибрации. При эксплуатации в агрессивных условиях следует выбирать специализированные материалы и покрытия, устойчивые к разрушению. Течи в основных трубопроводах можно разделить масштабу: незначительные, умеренные, крупные. Их причины включают коррозию, производственные недостатки, нарушение операционных стандартов и чрезмерные давления [7].

Необходимо учитывать, что текущие сведения базируются на ограниченном объеме информации. Полноценная картина причин аварий остается недоступной. Но даже предварительный анализ указывает

на необходимость интенсивного контроля, поддержки оборудования в исправном состоянии и компетентности кадров нефтегазовых предприятий.

Основной фактор проблем в нефтяной и газовой отраслях — это уровень применяемых технологических подходов. Промышленность сталкивается с задачей повышения стандартов в области контроллинга, прежде всего в области безопасности. Также, на критических участках иногда допускаются процессные недоработки, оборудование не отвечает принятым стандартам, а правила производственной безопасности не соблюдаются.

Главный недостаток в обеспечении аварийной безопасности нефтегазовых предприятий — использование устаревшего технического арсенала. Для обеспечения высоких стандартов безопасности компании должны активно инвестировать в обновление и модернизацию своего оборудования.

Многие эксперты подчеркивают, что текущие стандарты безопасности не соответствуют современной действительности на опасных объектах. Однако, по мнению большинства исследователей, основные проблемы на нефтегазовых объектах возникают из-за незнания или пренебрежения установленными стандартами безопасности.

Согласно контролирующим органам, основная часть инцидентов в нефтегазовой области происходит из-за технических проблем. Прочие инциденты связаны с управленческими ошибками. При этом, эксперты отмечают существенный вклад человеческого фактора в технические причины инцидентов, что подтверждает важную роль персонала в обеспечении безопасности и снижении рисков возникновения аварий. Ключевыми элементами управления опасными объектами в нефтегазовой отрасли являются знания и опыт персонала. Одна-

ко стоит отметить проблему в определении стандартов квалификации для руководителей и экспертов в этой области. И хотя имеются образовательные курсы по производственной безопасности, они не в полной мере решают вопрос. На данный момент организовано обучение с целью прохождения аттестации, но общая система повышения квалификации характеризуется недостаточным развитием. Текущая ситуация в нефтегазовой индустрии требует новых подходов к обучению персонала, ответственного за безопасность на нефтегазовых объектах повышенной опасности [8].

Компетентность в рамках производственной безопасности представляет собой совокупность умений, которая позволяет не только избегать инцидентов на производстве, но и минимизировать последствия, если таковые происходят. В рамках компетенции необходимо учитывать комбинацию необходимых навыков в данной области, наработанный опыт, инженерное чутье и аналитические навыки.

Для гарантии максимальной эффективности в предотвращении происшествий критически важно обеспечивать систематическое обучение и практику в условиях, максимально приближенных к реальным. Центры подготовки должны акцентировать внимание на факторе адаптивности программ под каждого участника, с целью формирования наилучшего образовательного плана [9].

Принятие мер по предупреждению факторов, ведущих к авариям, является ключевым при укреплении безопасности на предприятиях. При этом, аварийная безопасность на нефтегазовом предприятии зависит от каждого члена коллектива. С этой точки зрения, отбор и формирование профессионального кадрового состава становится важнейшим аспектом для обеспечения безопасных условий труда и защиты жизни работников.

С целью снижения рисков, связанных с человеческим фактором, первостепенное значение имеет подбор грамотных специалистов и их эффективная подготовка. В данном аспекте ключевыми направлениями являются [10]:

- стимулирование (величина вознаграждения, стимулирующие меры, награды и другие меры поощрения соблюдения трудовой дисциплины и техники безопасности);
- обучающие мероприятия (подготовка персонала с учетом внутрифирменных и отраслевых требований, постоянное обновление их компетенций, предоставление современных средств защиты);
- анализ рисков (идентификация и оценка потенциальных опасностей, а также разработка стратегий их предотвращения);
- регулярный мониторинг (многоуровневые проверки с участием руководителей разного уровня).

В частности, для активного вовлечения коллектива в этот процесс целесообразно устраивать конкурсные инициативы. В процессе их проведения персонал может выявлять и фиксировать угрозы, занося информацию в отведенные для этого реестры. Такой метод улучшает осведомленность команды в аспектах безопасности и мотивирует к проактивным действиям для предотвращения инцидентов.

Нефтегазовые предприятия, работающие рядом с потенциально опасными материалами, сталкиваются с риском непредвиденных ситуаций, например, выбросов вредных веществ или взрывов. Чтобы минимизировать эти риски, каждое предприятие должно разрабатывать специальный план для реагирования на подобные ситуации, который включает в себя [11]:

• анализ и предсказание возможных исходов аварий;

- проверку эффективности текущих и будущих действий по предотвращению инцидентов;
- оценку реакции рабочего коллектива и спасательных служб в различных аварийных контекстах.

Одним из наиболее сложных этапов при формировании стратегии ответа на аварии является выявление наиболее рискованных и опасных инцидентов. Ответ на такие аварии должен быть быстрым и точным. С учетом значительного объема технических средств на нефтегазовых производственных комплексах и разнообразия взрывопожароопасных веществ, такое выявление является крайне сложным процессом, реализуемым при помощи специальных методов и инструментов.

Длявыполнения качественного анализа вероятности чрезвычайных ситуаций на нефтегазовых производственных комплексах, следует придерживаться следующей последовательности [12]:

- 1. Изучение случаев, произошедших как в компании, так и на других предприятиях отрасли.
- 2. Выявление потенциальных источников и элементов, которые могут стать инициаторами аварий:
- формирование стандартных моделей потенциальных инцидентов;
- расчет вероятности появления таких инцидентов;
- анализ опасных элементов, которые могут привести к потенциальному инциденту;
- прогноз потенциальных участков воздействия неблагоприятных условий;
- прогноз потенциального числа жертв;
- расчет потенциальных потерь, как для населения, так и для предприятий;
- определение влияния на экологию;
- оценка рисков, связанных с инцидентами;



- выделение ключевых аспектов, оказывающих воздействие на индикаторы риска;
- выявление наиболее критичных инцидентов;
- определение уровня угрозы для нефтегазового производственного комплекса;
- разработка стратегии для минимизации вероятности аварий.

Применяя эти данные при составлении плана действий в аварийных ситуациях, можно предотвратить возникновение аварийных ситуаций.

Вывод. Для снижения вероятности риска аварийности и негативного воздействия нефтеперерабатывающей отрасли на экологию, крайне важно строго следовать установленным стандартам и процедурам безопасности. Существующие методики предоставляют возможность максимально эффективного использования сырья и быстрого реагирования на аварийные ситуации. Необходимо избегать применения устаревшей техники на предприятиях и проводить регулярный мониторинг состояния оборудования. Кроме того, важнейшим аспектом является устранение негативного влияния человеческого фактора.

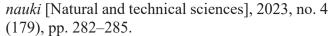
# Список литературы

- 1. *Борисевич Ю. П., Хохлова Н. Ю.* Оценка рисков возникновения аварийных ситуаций на кустах нефтяных скважин Тазовского месторождения // Естественные и технические науки. 2023. № 4 (179). С. 282–285.
- 2. *Ударцева О. В.* Анализ условий и причин возникновения аварийных ситуаций на нефтегазовых предприятиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2 (54). С. 6–15.
- 3. *Леонова И. В.* Основные причины возникновения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах // Студенческий. 2022. № 22–4 (192). С. 29–36.
- 4. *Христодуло О. И., Самойлов А. С.* Информационная поддержка принятия решений при возникновении аварийной ситуации на объектах газопровода на основе продукционных пра-

- вил // Программные продукты и системы. 2019.  $N_2$  3. С. 472–477.
- 5. *Юсупова Т. А.* Причины возникновения кризисных ситуаций на предприятии // Тенденции развития науки и образования. 2020.  $N_{\odot}$  66–3. С. 85–95.
- 6. *Снимцикова И. В., Каплун Д. А., Мельник А. Р.* Причины возникновения кризисных ситуаций на предприятии // Энигма. 2020. № 19. С. 68–74.
- 7. Джафаров Э. А., Актерский Ю. Е., Куянов А. В. Анализ причин и последствий аварийных ситуаций с пожарами и взрывами на морских нефтегазовых платформах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 3 (55). С. 6–13.
- 8. Федоров А. В., Фаргиев М. А., Ловчиков В. А. Возможные причины возникновения чрезвычайных ситуаций на площадке нефтегазового комплекса // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 3. С. 26–30.
- 9. *Амирова С. А.* Причины кризисных ситуаций на предприятии и пути их решения // Актуальные вопросы современной экономики. 2020. № 3. С. 434–440.
- 10. Онов В. А., Панкратова М. В. Моделирование возникновения аварийных ситуаций с разливом нефтепродуктов на объектах нефтяной промышленности в Арктической зоне Российской Федерации // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 1 (28). С. 97–102.
- 11. *Шарафутдинова Э. Х.* Исследование безопасности управления при аварийной ситуации на нефтегазовом производстве с использованием нейросетевых технологий // Студенческий вестник. 2021. № 18–8 (163). С. 81–84.
- 12. Королев Д. С., Шмырева М. Б., Русских Е. А. Методика оценки материального ущерба в случае возникновения и развития чрезвычайной ситуации на объекте нефтегазовой отрасли // Техносферная безопасность. 2021. № 3 (32). С. 67–76.

#### References

1. Borisevich Yu. P., Khokhlova N. Yu. Assessing the risks of emergency situations at oil well pads of the Tazovskoe field. *Estestvennye i tehnicheskie* 



- 2. Udartseva O. V. Analysis of conditions and causes of emergency situations at oil and gas enterprises. *Problems of risk management in the technosphere*, 2020, no. 2 (54), pp. 6–15.
- 3. Leonova I. V. The main causes of emergency situations at hazardous production facilities. *Studencheskij* [Student], 2022, no. 22–4 (192), pp. 29–36.
- 4. Christodoulo O. I., Samoilov A. S. Information support for decision-making in the event of an emergency at gas pipeline facilities based on production rules. *Software and Systems*, 2019, no. 3, pp. 472–477.
- 5. Yusupova T. A. Causes of crisis situations at an enterprise. *Trends in the development of science and education*, 2020, no. 66–3, pp. 85–95.
- 6. Snimshchikova I.V., Kaplun D. A., Melnik A. R. Causes of crisis situations at an enterprise. *Enigma*, 2020, no. 19, pp. 68–74.
- 7. Jafarov E. A., Aktersky Yu. E., Kuyanov A. V. Analysis of the causes and consequences of emergency situations with fires and explosions on offshore oil and gas platforms. *Problems of risk*

- management in the technosphere, 2020, no. 3 (55), pp. 6–13.
- 8. Fedorov A. V., Fargiev M. A., Lovchikov V. A. Possible causes of emergency situations at the site of the oil and gas complex. *Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*, 2018, no. 3, pp. 26–30.
- 9. Amirova S. A. Causes of crisis situations at an enterprise and ways to solve them. *Current issues of modern economics*, 2020, no. 3, pp. 434–440.
- 10. Onov V. A., Pankratova M. V. Modeling the occurrence of emergency situations with oil spills at oil industry facilities in the Arctic zone of the Russian Federation. *Siberian Fire and Rescue Bulletin*, 2023, no. 1 (28), pp. 97–102.
- 11. Sharafutdinova E. Kh. Study of safety management in case of emergency in oil and gas production using neural network technologies. *Studencheskij vestnik* [Student Bulletin], 2021, no. 18–8 (163), pp. 81–84.
- 12. Korolev D. S., Shmyreva M. B., Russkikh E. A. Methodology for assessing material damage in the event of the occurrence and development of an emergency situation at an oil and gas industry facility. *Technosphere Safety*, 2021, no. 3 (32), pp. 67–76.

УДК 614.841.3

А. В. ВАГИН, И. Б. ЕЛИСЕЕВ, кандидаты. техн. наук; О. М. МАЕР, канд. экономич. наук; В. В. ВИРЯЧЕВ (Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург) E-mail: eliseeff.gosha2014@yandex.ru

A. V. Vagin, I. B. Eliseev, O. M. Mayer, V. V. Viryachev (Saint Petersburg State Fire Service University, Saint Petersburg)

Актуализация требований пожарной безопасности к эксплуатируемым зданиям сложной планировочной структуры на примере торгово-развлекательного комплекса RIVER HOUSE

Updating fire safety requirements for operating buildings of complex planning structure using the example of the RIVER HOUSE shopping and entertainment complex



В статье представляются результаты исследования нормативно-правового регулирования системы обеспечения пожарной безопасности для эксплуатируемого объекта защиты сложной планировочной структуры – торгово-развлекательного комплекса «RIVER HOUSE», расположенного в Санкт-Петербурге. Проведена оценка соответствия здания действующим требованиям пожарной безопасности и установлены актуальные вопросы повышения пожарной безопасности объекта защиты с учетом его функционального назначения. Определены подходы к выбору экономически обоснованных вариантов противопожарной защиты эксплуатируемого торгового комплекса, в том числе к нормированию максимально допустимой площади пожарного отсека, конструктивной огнезащите строительных конструкций, организации эвакуационных путей и выходов. Решены технические вопросы по оптимальному объемно-пространственному размещению частей здания различной функциональной пожарной опасности, а также даны рекомендации организационно-методической направленности по совершенствованию системы обеспечения пожарной безопасности объекта.

The article presents the results of a study of the legal regulation of the fire safety system for an operating protection facility with a complex planning structure - the RIVER HOUSE shopping and entertainment complex, located in St. Petersburg. The building's compliance with current fire safety requirements was assessed and current issues of increasing the fire safety of the protected object were identified, taking into account its functional purpose. Approaches to the selection of economically feasible options for fire protection of an operating shopping complex have been identified, including the regulation of the maximum permissible area of the fire compartment, structural fire protection of building structures, organization of evacuation routes and exits. Technical issues regarding the optimal volumetric-spatial placement of parts of a building with various functional fire hazards have been resolved, and organizational and methodological recommendations have been given to improve the fire safety system of the facility.

Ключевые слова: эксплуатируемый объект защиты; система обеспечения пожарной безопасности; нормативно-правовое регулирование пожарной безопасности.

**Keywords:** operated protection object; fire safety system; legal regulation of fire safety.

Обеспечение пожарной безопасности зданий с массовым пребыванием людей, в том числе торгово-развлекательных многофункциональных комплексов (далее – ТРК), где практически круглосуточно многолюдно покупатели, зрители кинотеатров и прочих развлекательных зон, детские игровые зоны и детские центры и т. п., является приоритетным направлением при оценке системы обеспечения безопасности здания.

Требования пожарной безопасности к многофункциональным объектам, учитывая не только их массовую посещаемость, но и высокую пожарную нагрузку, опасность возгорания, задымления эвакуационных путей, выходов и эвакуационных лестниц, всегда очень высоки [1–4].

При оценке системы обеспечения пожарной безопасности эксплуатируемого ТРК возникают сложности в части применения

современных требований пожарной безопасности, так как проявляется тенденция ужесточения пожарных требований при разработке мер по обеспечению безопасной эвакуации посетителей и персонала в случае возникновения пожара, а также определении систем противопожарной защиты, требуемых в здании.

Ежедневно тысячи людей посещают торговые комплексы и центры. Сегодня проектировщики возводят сложные по своей геометрии и дизайнерским решениям объекты. Современные ТЦ представляют собой комплекс торговых площадок, магазинов, кафе, детских зон. Как правило, дополнительно здание оборудуется эскалаторами и парковками для личного транспорта покупателей. Поскольку торговые центры относятся к местам массовых скоплений людей [5–7], к ним предъявляют повышенные требования по обеспечению пожарной безопасности.

Помещение комплекса должно соответствовать национальным стандартам, иметь качественные, работоспособные и полностью укомплектованные системы ПБ [7–9]. Малейшие нарушения действующих требованиям может привести к огромным материальным убыткам и человеческим жертвам. Собственники торговых помещений должны помнить, что решение вопросов противопожарной безопасности – это важнейшая задача.

Каждый торговый центр должен иметь объемно-планировочное решение и конструктивное исполнение эвакуационных путей. Для этого еще на этапе планировки отводится нужное количество мест для безопасных путей и выходов в случае пожара. Выделенные маршруты должны позволять беспрепятственно покинуть горящее здание. Помимо этого, собственнику объекта потребуется организовать оповещение и управление движением людей по эвакуаци-

онным дорогам. При этом они не должны включать лифты или эскалаторы.

Некоторые проблемы характеризуются невозможностью отсечь распространение огня от путей эвакуации с помощью обычных дверей, фасадов или перегородок. Часто они становятся непреодолимой преградой к безопасному выходу. Из-за этого рекомендуется устанавливать противопожарные конструкции, которые изготавливаются из огнеупорных материалов.

Важнейшая задача противопожарных конструкций — изолировать огонь и сохранить все несущие конструкции в здании. Под воздействием высоких температур многие материалы начинают плавиться, что в конечном счете затрудняет работу спецслужб и приводит к обрушениям.

Цель данной работы — исследование системы обеспечения пожарной безопасности ТРК «RIVER HOUSE» (см. рис. 1) и разработка комплекса организационно-технических мероприятий для обеспечения пожарной безопасности торговых точек, а также создания условий безопасного пребывания людей в местах их массового скопления.

Для предотвращения пожара очень важно правильно классифицировать конкретное здание, сооружение, пожарный отсек или группу однородных помещений, функционально связанных друг с другом.

ТРК «RIVER HOUSE» – это современный торгово-офисный центр общей площадью 30 000 м², здание 8-ми этажное, класс функциональной пожарной опасности – многофункциональное здание с пожарными отсеками класса Ф2.1, Ф3.1, Ф3.2 и Ф4.3. На первых двух этажах современного многофункционального здания расположена торговая галерея, 2–8 этажи являются бизнес-центром класса В+. В торговом центре расположены: гипермаркет «ОКЕЙ», магазин электроники «М-Видео», а также рестораны и кафе, видовая пиццерия «R14»,





Рис. 1. Торгово-развлекательный комплекс «RIVER HOUSE»

Наименование противопожарных преград	Тип противопожарных преград	Предел огнестойкости противопожарных преград	Тип заполнения проемов в противопожарных преградах	Тип тамбур- шлюза
Стены	1	REI 150	1	1
	2	REI 45	2	2
Перегородки	1	EI 45	2	1
	2	EI 15	3	2
Светопрозрачные перегородки с остеклением плошадью более 25 процентов	1	EIW 45	2	1
	2	EIW 15	3	2
Перекрытия	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1
	4	REI 15	3	2

Рис. 2. Пределы огнестойкости противопожарных преград

парк развлечений «MOUSE HOUSE» с рестораном «Брускетта», *SEPHORA*, студии интерьера и дизайна, магазины подарков и товаров для дома, салон цветов.

Здание TPK «RIVER HOUSE» имеет сложную объемно-планировочную структуру, так как представляет из себя многоуровневую строительную систему, в ходе проектирования и строительства которой особое внимание уделялось на размещение торговых и развлекательных частей.

При этом для обеспечения пожарной безопасности торговые и развлекательные точки, расположенные на этажах здания, согласно специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности выделяются противопожарными преградами различного типа.

Противопожарные преграды, используемые в ТРК, в основном выполняются в виде противопожарных стен, перегородок и перекрытий, а сами противопожарные стены, перегородки и перекрытия и заполнения их проемов (противопожарные двери, ворота, люки, клапаны, окна, шторы, занавесы) в зависимости от пределов огнестойкости их ограждающей части конструкций применяются соответствующего типа (см. рис. 2).

Обеспечение пожарной безопасности в ТРК подразумевает выполнение обязательных организационных мероприятий. Руководителем и сотрудниками комплекса пройдено повышение квалификации и переподготовка в области пожарной безопасности, а также разработан алгоритм действий в случае чрезвычайной ситуации. Ответственные за обеспечение пожарной безопасности лица особое вниманием уделяют работоспособности систем противопожарной защиты, организации противопожарных инструктажей и тренировок по отработке эвакуации, а также осуществлению контроля за содержанием эвакуационных путей и выходов.

Уделяется внимание местам для курения, расстановке первичных средств пожаротушения (огнетушителей), световым табло и громкоговорителям системы оповещения людей о пожаре.

Агитационно-массовая работа в торговом комплексе ведется на высоком уровне, размещаются наглядные материалы. Имеется пожарный уголок, что в свою очередь представляет наглядное пособие, направленное на информирование граждан и пропаганду. Такая площадка (платформа) состоит из текстовых, графических и других блоков.

Руководитель и ответственное лицо за обеспечение пожарной безопасности прошли переподготовку и повышение квалификации по направлению пожарная безопасность, с рабочим персоналом проводятся различные виды инструктажей, а также тренировочные действия в случае возникновении пожара.

Альтернативным способом обеспечения пожарной безопасности вышеуказанного объекта является проведение аудита — это независимая оценка пожарного риска, которая проводится на основании договора, заключаемого между собственником или иным законным владельцем здания и экс-

пертной организацией, осуществляющей деятельность в области оценки пожарного риска. В рассматриваемом здании проведена независимая оценка пожарного риска, по результатам которой определены основные компенсирующие мероприятия, обеспечивающие пожарную безопасность людей в здании. Так как для здания сложной планировочной структуры проблематично реализовать все действующие требования пожарной безопасности, для объекта разработан собственный нормативный документ по пожарной безопасности - специальные технические условия. Комплекс дополнительных и компенсирующих мероприятий специальных технических условий учитывает и дополнительные мероприятия, при выполнении которых величина пожарного риска не превышает допустимые значения.

Объект обеспечен автоматической пожарной сигнализацией, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, защищен установкой водяного спринклерного пожаротушения, оборудован системой вытяжной противодымной вентиляции для оперативного удаления продуктов горения из помещений, а также системой приточной противодымной вентиляции, обеспечивающей незадымление путей эвакуации – лестничных клеток.

Согласно специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности помимо предусмотренной в здании системы противодымной вентиляции объект обеспечен средствами индивидуальной защиты органов дыхания (респираторами или противогазами), средствами защиты кожи, средства медицинской защиты (см. рис. 3).

**Вывод.** На основании вышеизложенного и проведенного тщательного исследования объекта защиты ТРК «*RIVER HOUSE*», выявлено, что пожарная безопасность объекта в полном объеме соответствует нормам, так как выполняются требования пожарной





Рис. 3. Средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения

безопасности, разработанных специальных технических условий, отражающих особенности данного объекта, с учетом условий проектирования, строительства и дальнейшей его эксплуатации. Помимо этого, проведена независимая оценка пожарного риска, значение которого не превышает допустимых значений,

#### Список источников

- 1. Шулепов Д. О., Тимофеев В. Д., Вагин А. В. Особенности разработки специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности торгово-развлекательных центров // Инновации. Наука. Образование. 2022. № 50. C. 1686-1692.
- 2. Вагин А. В., Дорожкин А. С., Сморыго В. В. и др. Обеспечение пожарной безопасности при строительстве и эксплуатации зданий на современном этапе нормирования. Пожарная безопасность объектов капитального строительства. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация // Материалы научно-технической конференции. Санкт-Петербург. 2021. C. 43–47.
- 3. Войтенок О. В., Вирячев В. В., Елисеев И. Б. и др. Пожарная безопасность объектов и населенных пунктов: учеб. пособ. Санкт-Петербург: СПб УГПС МЧС России. 2023. 328 с.
- 4. Елисеев И. Б., Сай В. В., Каланин И. И. Обеспечение пожарной безопасности объектов капитального строительства // КШП. ОМД. 2023. № 1. C. 93-101.

- 5. Стукалова И. Б., Токмачева О. С. Торговые центры в РФ: сущность, динамика развития, оценка эффективности // Российское предпринимательство. 2015. № 11. С. 1637–1648.
- 6. Шихалев Д. В. Информационно-аналитическая поддержка управления эвакуацией при пожаре в торговых центрах: дис. ... канд. техн. наук. М.: 2015. 175 с.
- 7. Фирсова Т. Ф., Залалтдинов Р. Р. Способы обеспечения пожарной безопасности развлекательных зон в закрытых помещениях // Молодой ученый. 2019. № 40 (278). С. 248–253.
- 8. Решидов Д. С., Евдокимов А. А. Обеспечение пожарной безопасности торгово-развлекательных центров // Сб. тр. XIV Международной научно-практической конференции. 2021. C. 97-100.
- 9. Присадков В. И., Муслакова С. В., Фадеев В. Е. К вопросу обеспечения пожарной безопасности торгово-развлекательных центров // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 1 (34). C. 49–57.

#### References

- 1. Shulepov D. O., Timofeev V. D., Vagin A. V. Features of the development of special technical conditions for ensuring fire safety of shopping and entertainment centers. Innovations. The science. Education, 2022, no. 50. pp. 1686–1692.
- 2. Vagin A. V., Dorozhkin A. S., Smorygo V. V. et al. Ensuring fire safety during the construction and operation of buildings at the present stage of standardization. Fire safety of capital construction projects. Standards, design, design and operation. *Materials of the scientific and technical conference,* Saint Petersburg, 2021, pp. 43–47.
- 3. Voitenok O. V., Viryachev V. V., Eliseev I. B. et al. Pozharnaja bezopasnost' ob'ektov i naselennyh punktov: ucheb. posob [Fire safety of objects and settlements: textbook]. St. Petersburg, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia, 2023, 328 p.
- 4. Eliseev I. B., Sai V. V., Kalanin I. I. Ensuring fire safety of capital construction objects. Forging and Stamping Production. Material Working by *Pressure*, 2023, no. 1, pp. 93–101.

- 5. Stukalova I. B., Tokmacheva O. S. Shopping centers in the Russian Federation: essence, development dynamics, efficiency assessment. *Russian Entrepreneurship*, 2015, no. 11, pp. 1637–1648.
- 6. Shikhalev D. V. Information and analytical support for fire evacuation management in shopping centers: candidate's thesis. Moscow, 2015, 175 p.
- 7. Firsova T. F., Zalaltdinov R. R. Methods of ensuring fire safety of entertainment areas in

- enclosed spaces. *Young scientist*, 2019, no. 40 (278), pp. 248–253.
- 8. Reshidov D. S., Evdokimov A. A. Ensuring fire safety of shopping and entertainment centers. *XIV International Scientific and Practical Conference*, 2021, pp. 97–100.
- 9. Prisadkov V. I., Muslakova S. V., Fadeev V. E. On the issue of ensuring fire safety of shopping and entertainment centers. *Modern problems of civil protection*, 2020, no. 1 (34), pp. 49–57.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены ИП Бирюков Д. В.

За достоверность сведений в рекламных материалах ответственность несет рекламодатель. Перепечатка допускается только с разрешения редакции и с обязательной ссылкой на журнал «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением».